

**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav řízení a ekonomiky podniku

**Posouzení rozvoje elektromobility
v nákladní dopravě**

**Assessment of the developement of
electromobility in freight transport**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Ondřej PETRÁS

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 bez oboru

Vedoucí práce: Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Petrás** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **437302**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Posouzení rozvoje elektromobility v nákladní dopravě

Název bakalářské práce anglicky:

Assessment of the development of electromobility in freight transport

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod do nákladní autodopravy.
2. Technická specifikace a směry vývoje možností využití elektřiny v pohonech nákladních vozidel, směry vývoje alternativních pohonů.
3. Výhody, nevýhody a omezení provozu nákladních vozidel s elektrickým pohonem.
4. Zhodnocení vývoje trhu nákladních automobilů s elektrickým pohonem.
5. Posouzení udržitelnosti vozidel s elektrickým pohonem v nákladní dopravě (ekonomické a environmentální hledisko).

Seznam doporučené literatury:

1. EHSANI, M. GAO, Y., EMADI, A. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: fundamentals, theory, and design. Boca Raton: CRC Press, 2010. 546 s. ISBN 978-1-4200-5398-2.
2. ADISON, J. New generation of electric vehicles. Valley Cottage, NY: Scitus Academics, 2017. 324 s. ISBN 978-1-68117-655-0.
3. KAMEŠ, J. Alternativní pohony automobilů. Praha: BEN, 2004. 231 s. ISBN 80-7300-127-6.
4. RADA, R. BURIANOVÁ, M. 1000 tahačů: historie, klasika, technika. Praha: Knižní klub, 2006. 336 s. ISBN. 80-242-1667-1.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Barbora Stieberová, Ph.D., ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **28.03.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.07.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **28.02.2020**



Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce



prof. Ing. František Freiberg, CSc.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

30.4.2019

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Posouzení rozvoje elektromobility v nákladní dopravě“ vypracoval sám s pomocí vedoucího práce. K vypracování jsem používal pouze zdroje uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 8.9.2019

.....

Ondřej Petrás

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval své vedoucí práce, paní Ing. Barboře Stieberové, Ph.D. za trpělivost, pomoc a vstřícnost při tvorbě této bakalářské práce.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje posouzení rozvoje elektromobility v nákladní dopravě. První část je zaměřena na seznámení se silniční nákladní dopravou a jejím znečišťováním planety. V další jsou popsány možnosti zapojení elektřiny do pohonného ústrojí nákladních vozidel včetně výhod a nevýhod provozu takových vozidel. V práci je zanalyzován vývoj trhu s nákladními vozidly a silničními tahači podle typu spotřebované energie. Hlavní částí bakalářské práce je studie o ekonomickém a environmentálním přínosu elektricky poháněného vozidla v porovnání s vozidlem se spalovacím motorem.

KLÍČOVÁ SLOVA

Elektromobilita, elektřina, nákladní vozidlo, tahač, nákladní doprava, elektromotor, emise, CO₂, zdroje energie, skleníkové plyny, baterie, e-Crafter

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the Assessment of the development of electromobility in freight transport. The first part is focused on introduction to road freight transport and pollution of the planet. The next part describes the possibilities of implementation electricity to the power train of trucks, including advantages and disadvantages of these vehicles. The thesis analyzes the development of the market with lorries and road tractors by type of motor energy. The main part of the thesis is a study of the economic and environmental benefits of an electrically powered vehicle in comparison with vehicle with combustion engine.

KEY WORDS

Electromobility, electricity, lorries, road tractor, freight transport, electric motor, emissions, CO₂, energy sources, greenhouse gases, batteries, e-Crafter

Obsah

Úvod.....	10
1 Úvod do nákladní autodopravy	11
1.1 Charakteristika distribuční a dálkové dopravy.....	12
1.2 Produkce skleníkových plynů v nákladní dopravě.....	13
2 Technická specifikace a směry vývoje možností využití elektřiny v pohonech nákladních vozidel, směry vývoje alternativních pohonů	15
2.1 Elektrická vozidla (BEV).....	15
2.2 Hybridní vozidla (HEV).....	19
2.3 Ostatní alternativní paliva	21
3 Výhody, nevýhody a omezení provozu nákladních vozidel s elektrickým pohonem ..	21
3.1 Výhody.....	22
3.2 Nevýhody	23
4 Zhodnocení vývoje trhu nákladních automobilů s elektrickým pohonem	25
4.1 Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v České republice v letech 2013-2017	25
4.2 Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v České republice v letech 2013-2017	27
4.3 Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017.....	29
4.4 Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017.....	35
5 Posouzení udržitelnosti vozidel s elektrickým pohonem v nákladní dopravě - ekonomické a environmentální hledisko – případová studie.....	39
5.1 Pořizovací náklady	39
5.2 Provozní náklady.....	40
5.3 Emise.....	43
5.3.1 Produkce emisí vozidla na spalovací motor	50
6 Závěr.....	53
7 Seznam použitých zdrojů	54
7.1 Literární zdroje.....	54

7.2	Internetové zdroje.....	54
8	Přílohy	58

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přepravené miliardy tunokilometrů podle druhu dopravy v letech 1995 – 2016	12
Tabulka 2 - Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v ČR podle typu spotřebované energie v letech 2013-2017.....	26
Tabulka 3 - Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v ČR podle typu spotřebované energie v letech 2013-2017.....	28
Tabulka 4 - Vývoj celkového počtu nákladních vozidel registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017.....	31
Tabulka 5 - Vývoj počtu nákladních vozidel s hrubou hmotností >3,5 t registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017.....	31
Tabulka 6 - Vývoj počtu nákladních vozidel s hrubou hmotností ≤3,5 t registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017.....	32
Tabulka 7 - Vývoj celkového počtu nákladních vozidel registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na elektrickou energii v letech 2013-2017.....	33
Tabulka 8 - Vývoj počtu nákladních vozidel s hrubou hmotností >3,5 t registrovaných....	33
Tabulka 9 - Vývoj počtu nákladních vozidel s hrubou hmotností ≤3,5 t registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na elektrickou energii v letech 2013-2017	34
Tabulka 10 - Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017	36
Tabulka 11 - Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na elektrickou energii v letech 2013-2017	37
Tabulka 12 - Způsob výpočtů při porovnání vozidel.....	42
Tabulka 13 - Vyrobená energie v kWh podle zdrojů energie v zemích EU pro rok 2016 ..	44
Tabulka 14 - Vyrobená energie v % podle zdrojů energie v zemích EU pro rok 2016.....	45
Tabulka 15 – Emise CO ₂ (g/kWh) podle typu elektrárny	46
Tabulka 16 - Produkce kg CO ₂ při výrobě energie podle zdrojů v zemích EU v roce 2016	46

Tabulka 17 - Produkce CO ₂ /kWh podle zemí EU	47
Tabulka 18 - Hodnoty CO ₂ /kWh podle SimaPro 8.0.4	48
Tabulka 19 - Porovnání emisí CO ₂ vozidel crafter a e-crafter v různých podmínkách	50
Tabulka 20 - Naměřené hodnoty emisí motorů Euro 6	51
Tabulka 21 - Volkswagen Crafter produkce emisí	51
Tabulka 22 - Nákladní vozidla registrovaná v České republice v letech 2013-2017 podle typu spotřebované energie	58
Tabulka 23 - Silniční tahače registrované v České republice v letech 2013-2017 podle typu spotřebované energie	58
Tabulka 24 - Spotřebovaná energie - total, nákladní vozidla bez ohledu na hmotnost	59
Tabulka 25 - Spotřebovaná energie - total, nákladní vozidla s hmotností > 3,5 t	60
Tabulka 26 - Spotřebovaná energie - total, vozidla s hmotností ≤ 3,5 t	61
Tabulka 27 - Spotřebovaná energie - alternativní, nákladní vozidla bez ohledu na hmotnost	62
Tabulka 28 - Spotřebovaná energie - alternativní, nákladní vozidla s hmotností > 3,5 t	63
Tabulka 29 - Spotřebovaná energie - alternativní, nákladní vozidla s hmotností ≤ 3,5 t ..	64
Tabulka 30 - Spotřebovaná energie - elektrická, nákladní vozidla bez ohledu na hmotnost	65
Tabulka 31 - Spotřebovaná energie - elektrická, nákladní vozidla s hmotností > 3,5 t	66
Tabulka 32 - Spotřebovaná energie - elektrická, nákladní vozidla s hmotností ≤ 3,5 t	67
Tabulka 33 - Spotřebovaná energie - total, silniční tahače	68
Tabulka 34 - Spotřebovaná energie – alternativní, silniční tahače	69
Tabulka 35 - Spotřebovaná energie – elektrická, silniční tahače	70

Seznam grafů

Graf 1 - Přepravené miliardy tunokilometrů podle druhu dopravy v letech 1995 – 2016...	11
Graf 2 - Emise skleníkových plynů podle sektorů v roce 2014	13
Graf 3 - Podíl transportu na skleníkových plynech v roce 2018	14
Graf 4 - Podíl jednotlivých složek silniční dopravy na skleníkových plynech v roce 2018	14
Graf 5 - Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v ČR s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017	27

Graf 6 - Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v ČR s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017	28
Graf 7 - Předpokládaný vývoj množství nákladních vozidel.....	38
Graf 8 - Celkové náklady vozidel Volkswagen Crafter a e-Crafter v průběhu provozu	41
Graf 9 - Vyprodukované emise CO ₂ Volkswagen Crafter a e-Crafter v průběhu provozu	49
Graf 10 - Produkce emisí při spotřebě 30 l/100 km.....	52

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Stejnosměrný motor s cizím buzením.....	16
Obrázek 2 - Synchronní elektromotor třífázový	17
Obrázek 3 - Řízený reluktanční motor.....	18
Obrázek 4 - Scania elektrický motor 130 kW.....	19
Obrázek 5 - Způsob fungování elektrifikované dálnice.....	20
Obrázek 6 - Chemické reakce v palivovém článku	20
Obrázek 7 - Vlevo e-Crafter, vpravo Crafter	40
Obrázek 8 - Dobíjecí stanice skupiny ČEZ	42

Úvod

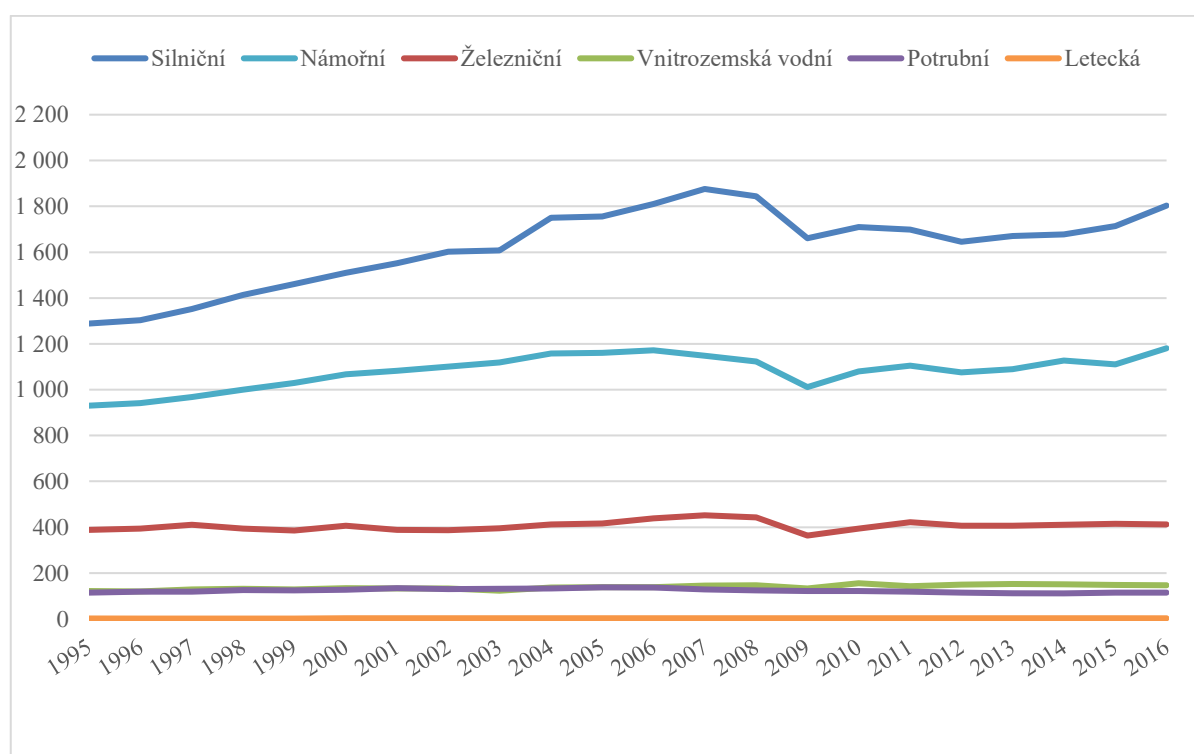
V této práci se zaměřím na silniční nákladní dopravu a její možnosti zapojení elektřiny do pohonu vozidel přepravujících zboží. Přeprava osob i zboží je každodenní součástí našich životů a s rostoucími nároky populace také roste objem této přepravy. V současné době se na našich silnicích ale vyskytuje minimum nízkoemisních vozidel. Naopak je zde spousta vozidel, která svými emisemi silně zatěžují životní prostředí jak ve městech, tak mimo ně. Pokud se jejich počet bude podle nastoleného trendu zvyšovat, bude se tím zhoršovat situace se smogem nebo skleníkovými plyny. Nedá se předpokládat, že se ve velkém množství začnou k přepravě zboží využívat letecké, nebo vodní cesty místo těch silničních. Jednotlivé státy se snaží zlepšit a rozšířit silniční infrastrukturu. Propojit se pomocí dálnic se sousedícími státy a tak zjednodušit, zrychlit a zefektivnit dopravu. Je to ale spíše reakce na prognózy navýšení silničních vozidel a ne jeho řešení. Aby se z důsledku rostoucího počtu vozidel zamezilo zhoršování životních podmínek, mělo by se začít více využívat vozidel na alternativní paliva, nebo elektřinu. V této práci se zaměřím hlavně na distribuční dopravu. Pro hromadné zapojení elektřiny do dálkové dopravy zatím chybí vhodná technologie.

Cílem mé bakalářské práce je zmapovat segment nákladní dopravy v Evropě a v České republice, zhodnotit možnosti zapojení alternativních paliv a především možnosti využití elektřiny v pohonech nákladních vozidel a zanalyzovat výhody a nevýhody provozu vozidel s elektrickým pohonem. Jádrem práce je provedení studie a posouzení dopadů využití elektřiny v pohonu nákladních vozidel na konkrétním případě.

1 Úvod do nákladní autodopravy

Doprava je nezbytnou součástí každodenního života občanů, ale i hospodářství zemí. Jen v Evropské Unii doprava zajišťuje zhruba 11 milionů pracovních míst. Objem osobní i nákladní dopravy má v průběhu let stoupající tendenci a předpokládá se, že tomu tak bude i nadále. Největší podíl na přepravě osob a zboží v EU připadá na silniční dopravu. Ta je jedním z pěti hlavních druhů dopravy. Dalšími jsou doprava železniční, letecká, vnitrozemská vodní a námořní. (Evropský účetní dvůr, 2018)

Graf 1 - Přepravené miliardy tunokilometrů podle druhu dopravy v letech 1995 – 2016



Zdroj: European Commission, 2018

Využití nákladní dopravy neustále roste. V roce 1995 bylo silniční nákladní dopravou přepraveno na území Evropské unie 1 289 miliard tunokilometrů. Což odpovídá 45,3 % celkového počtu přepravených tunokilometrů. Objem přepraveného zboží po silnici mezi rokem 1995 a 2016 vzrostl o 40% na 1 804 miliard tunokilometrů (49,3 % celkově přepravených tunokilometrů). Jak lze vidět, v průběhu času roste nejen množství přepravovaného zboží, ale i procentuální zastoupení silniční dopravy v přepravě. (European Commission, 2018)

Tabulka 1 - Přepravené miliardy tunokilometrů podle druhu dopravy v letech 1995 – 2016

Rok	Druh nákladní dopravy						
	Silniční	Železnič.	Vn. vodní	Potrub.	Námořní	Letecká	Celkem
1995	1 289	388	122	115	930	2	2 846
2000	1 509	406	134	127	1 067	2	3 245
2005	1 755	416	139	138	1 161	2	3 611
2010	1 710	394	156	121	1 079	2	3 462
2011	1 699	422	142	118	1 104	2	3 488
2012	1 645	407	150	115	1 075	2	3 394
2013	1 671	407	153	112	1 089	2	3 434
2014	1 677	411	151	111	1 128	3	3 480
2015	1 714	415	147	114	1 110	3	3 504
2016	1 804	412	147	115	1 181	3	3 661
1995 -2016	40,0%	6,1%	20,6%	0,2%	26,9%	47,1%	28,6%
per year	1,6%	0,3%	0,9%	0,0%	1,1%	1,9%	1,2%
2000 -2016	19,5%	1,4%	10,0%	-9,4%	10,7%	20,1%	12,8%
per year	1,1%	0,1%	0,6%	-0,6%	0,6%	1,2%	0,8%
2015-2016	5,2%	-0,8%	-0,1%	0,7%	6,4%	1,8%	4,5%

Zdroj: European Commission, 2018

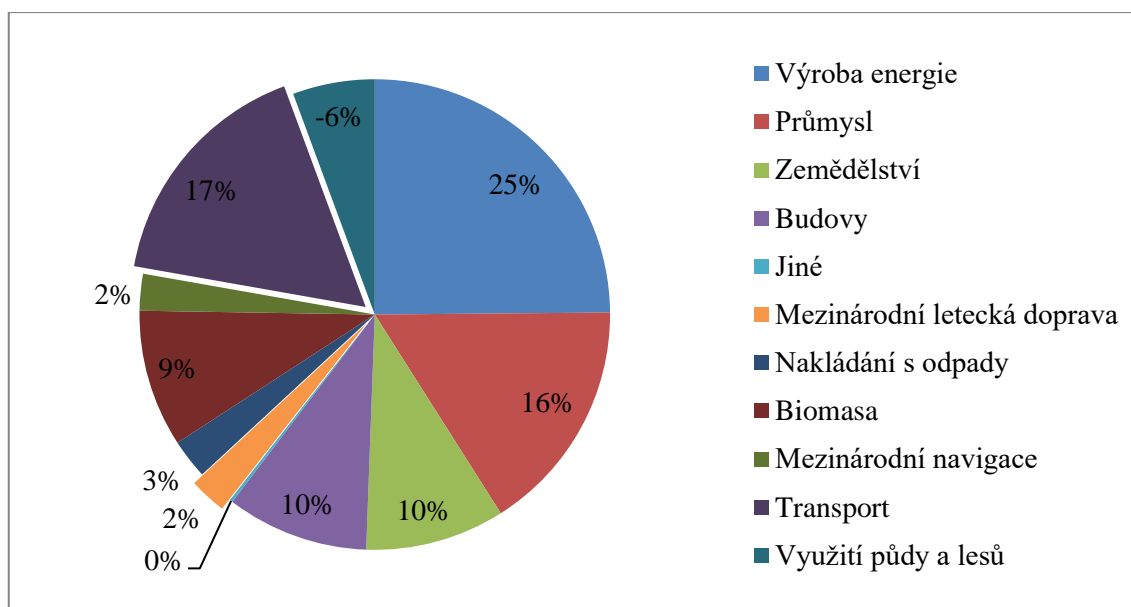
1.1 Charakteristika distribuční a dálkové dopravy

Silniční doprava je oblíbená hlavně pro její rychlou odezvu na požadavky. Jsou především dva způsoby dopravy. Prvním z nich je dálková doprava, což je přeprava zboží od dodavatele přímo na místo určení bez využití překládky, nebo skladu. Příkladem by mohl být plně naložený kamion jedoucí, podle potřeb zákazníka, se zbožím z místa nakládky do místa složení. Druhý způsob dopravy zboží je distribuční přeprava, přeprava zboží z jednoho místa do více lokací, nebo naopak z více lokací do jednoho místa. Například nákladní vozidlo jedoucí ze zásobovacího skladu do více poboček řetězce. Propojení těchto dvou způsobů dopravy vznikne zásobovací síť využívaná v obydlených oblastech. Nejprve se větší množství zboží přepraví od výrobce do skladu na okraji města a následně se pomocí menších vozidel rozveze do cílových destinací. V mnoha případech je vjezd velkým vozidlům do měst zakázán, proto se konečné rozvážky provádí za pomoci menších, obratnějších vozidel, která jsou zároveň tišší a neprodukují tolik škodlivých látek. (Bektas, 2017)

1.2 Produkce skleníkových plynů v nákladní dopravě

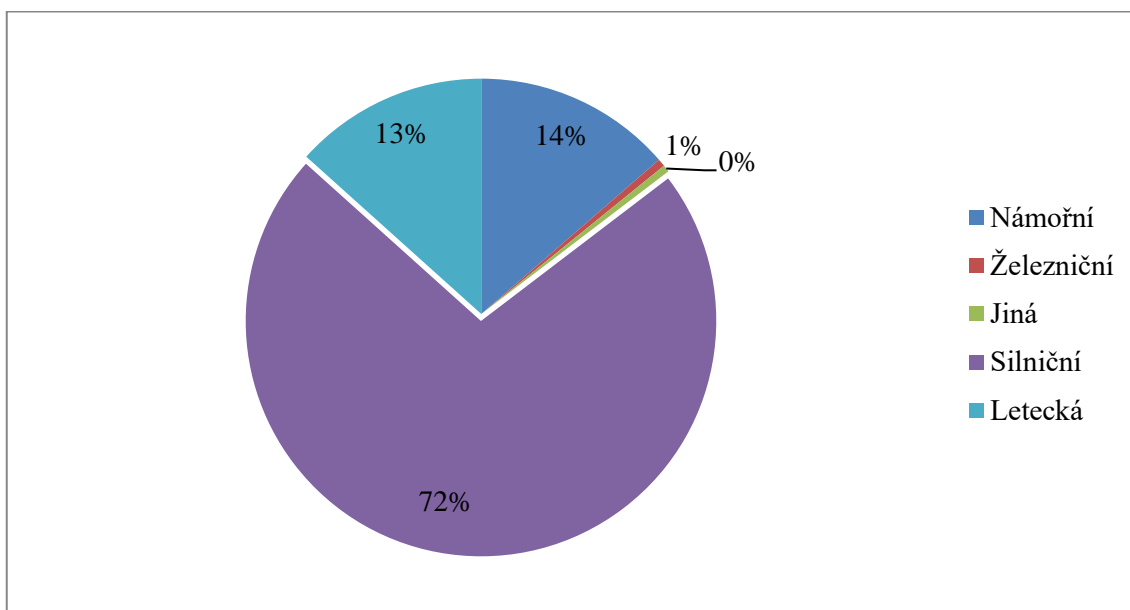
Ruku v ruce s velkým objemem přepraveného zboží jdou i emise skleníkových plynů. Na dopravu v roce 2014 připadalo 19% z celkové produkce skleníkových plynů (21% i s mezinárodní leteckou). Na nákladní silniční dopravu připadal podíl 72% z produkce dopravy jako takové (rok 2018). Z toho 26% emisí skleníkových plynů vyprodukovaly nákladní vozidla a autobusy. Nákladní automobily společně s autobusy tedy vyprodukují zhruba 5% z emisí skleníkových plynů vyprodukovaných na území Evropské unie. Evropská Unie se snaží regulovat emisní normy a vytyčovat cíle pro udržitelnou mobilitu dopravy. K tomu by měly mimo jiné přispět alternativní paliva, neboť v současnosti je 94% dopravy závislé na ropě. (European Environment Agency, 2019)

Graf 2 - Emise skleníkových plynů podle sektorů v roce 2014



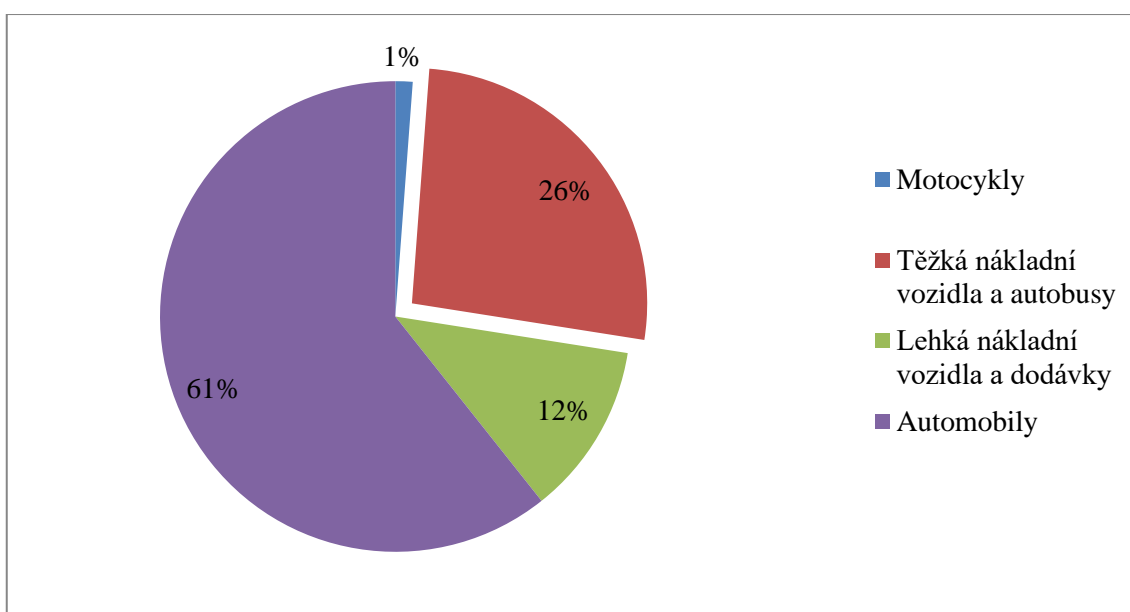
Zdroj: vlastní zpracování, data European Environment Agency, 2019

Graf 3 - Podíl transportu na skleníkových plynech v roce 2018



Zdroj: vlastní zpracování, data European Environment Agency, 2019

Graf 4 - Podíl jednotlivých složek silniční dopravy na skleníkových plynech v roce 2018



Zdroj: vlastní zpracování, data European Environment Agency, 2019

Tabulka 2 - Dovolené hodnoty emisních norem – naftová nákladní vozidla

Norma	Rok zavedení	NOx g/kWh	PM g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh
Euro 0	1990	14,4	-	2,4	11,2
Euro 1	1993	8	0,36	1,1	4,5
Euro 2	1996	7	0,15	1,1	4
Euro 3	2001	5	0,1	0,66	2,1
Euro 4	2006	3,5	0,02	0,46	1,5
Euro 5	2009	2	0,02	0,46	1,5
Euro 6	2013	0,4	0,01	0,13	1,5

Zdroj: Volvotrucks.com, 2019

Emisím naftových nákladních vozidel se budu více věnovat v kapitole 5.3.1

2 Technická specifikace a směry vývoje možností využití elektřiny v pohonech nákladních vozidel, směry vývoje alternativních pohonů

Čistě elektrická vozidla jsou zatím na Evropském trhu s nákladními vozy v minoritním zastoupení. Častěji se objevují vozidla hybridní, která jsou vybavena kombinací elektromotoru společně se spalovacím motorem. Mohou tak kombinovat výhody obou dvou technologií. Elektrický motor u čistě elektrických vozidel se podle aplikace doplní redukcí převodového stupně, aby operoval v ideální oblasti své charakteristiky. Je více typů použitelných elektrických motorů. Zapojení elektřiny do pohonu nákladního vozidla může být také pomocí palivových článků, ve kterých se palivo mění na elektrický proud, nebo pomocí elektrifikované dálnice, ze které jsou vozidla s elektrickým a hybridním motorem schopná dobít své baterie. Další možností jak snížit emise je jsou alternativní paliva. Mezi ty patří například biopaliva a plyny. (Ramadhas, Arumugam S., 2011, Todaystrucking.com, 2019)

2.1 Elektrická vozidla (BEV)

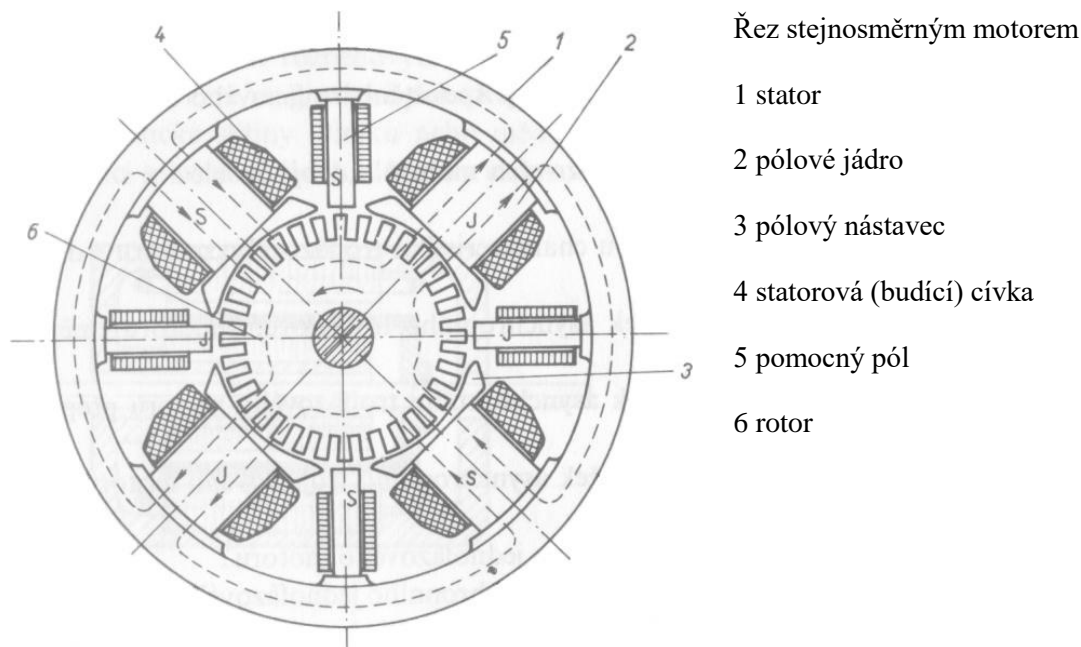
Elektrický pohon nevytváří žádné emise. Elektrická energie se dá získat i z obnovitelných zdrojů. Elektrická vozidla jsou poháněna pomocí elektrické energie uložené v akumulátorech. Vývoj akumulátorů stále pokračuje a s tím i dojezdové vzdálenosti těchto vozidel. Nevýhodou jsou dlouhé nabíjecí časy. U elektromotru je hlavním ukazatelem

točivý moment. Hodnota výkonu je až druhotná. Rozlišujeme několik typů elektromotorů. Základní rozdělení je stejnosměrný motor (DC), asynchronní motor (AC) a reluktanční motor. (Ramadhas, Arumugam S., 2011, Kameš 2015, Kameš 2004)

Stejnosměrný motor s cizím buzením

Jeho hlavní předností je jednoduchá regulace otáček a bezproblémový přechod z akcelerace na brždění. Při brždění je pomocí rekuperace získávána elektrická energie zpět do baterií. Další výhodou je možnost přímého napojení na baterie vozidla. Nevýhodou jsou maximální otáčky 7000 min^{-1} , nižší účinnost než u střídavých motorů a přítomnost komutátoru a kartáčků, které se opotřebovávají a musí být udržovány, aby nedocházelo k poruchám. Stejnosměrný motor se skládá z rotoru a statoru. Ve statoru jsou elektromagnety. Ty vytvářejí magnetický tok po připojení na zdroj. V rotoru je vinutí, na které je přes komutátor a kartáčky přiveden proud. Komutátor periodicky mění směr přiváděného proudu do kotvy (rotoru) a tím dochází k rotaci kotvy v magnetickém poli ve stejném směru rotace. (Kameš 2015, Bešta, 2013)

Obrázek 1 - Stejnosměrný motor s cizím buzením



Zdroj: Bešta, 2013

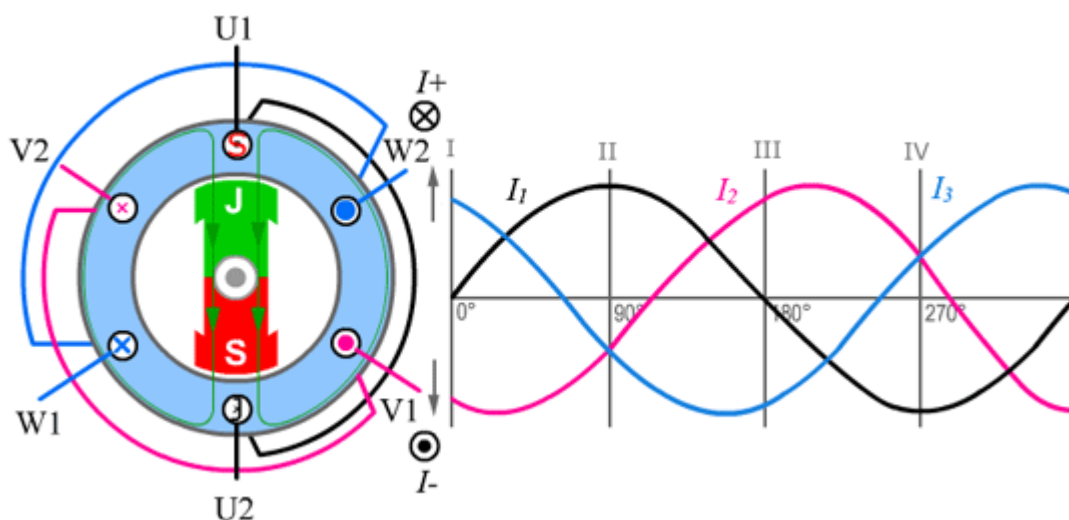
Asynchronní motor

Asynchronní motor je složený ze statorového budícího vinutí a z rotoru. Rotor je hřídel, na které jsou elektrotechnické plechy s drážkami, ve kterých jsou navzájem propojené vodiče. Stator má nejméně tři vinutí vzájemně pootočené o 120° . Napájeny jsou třífázovým střídavým proudem, který je potřeba přeměnit ze stejnosměrného proudu od baterií. Ve vinutí vzniká točivé magnetické pole. To indukuje napětí v rotoru a vzniká točivý moment. Otáčky rotoru nejsou stejné jako otáčky točivého magnetického pole a proto je motor asynchronní. (Kameš, 2015, Novák, 2019)

Synchronní motor třífázový

Ve statoru třífázového motoru je točivé magnetické pole. Póly statoru střídavě přitahují, respektive odtahují protipóly, respektive póly rotoru. Aby se rotor při zapnutí roztočil, je potřeba vnější síla. Poté, co se rotor roztočí, získá synchronní otáčky s točivým magnetickým polem. Rotor je z permanentního magnetu, nebo elektromagnetu. Stator je z elektrotechnických plechů, které jsou složené na sebe do tvaru dutého válce. Uvnitř jsou drážky s třífázovým vinutím, které je vzájemně posunuté o 120° (Kameš, 2015, Novák, 2019)

Obrázek 2 - Synchronní elektromotor třífázový

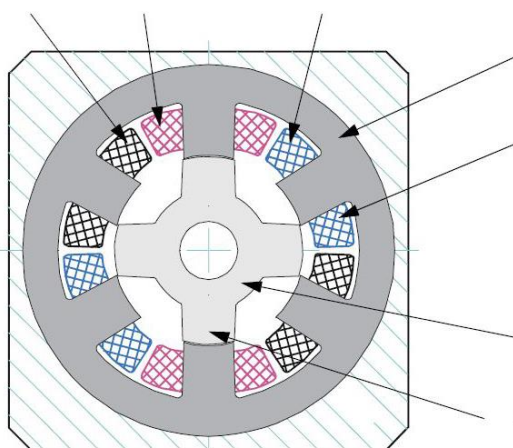


Zdroj: Novák, 2019

Řízený reluktanční motor

V rotoru tohoto motoru není cívka, ale hřídel s pólovými nástavci tvaru ozubeného kola z magneticky měkkého materiálu. Stator motoru má více pólů, než rotor. Díky tomu nedochází k vzniku polohy, kdy je krouticí moment nulový. Je potřeba výkonové řídicí elektroniky k tomu, aby se motor rozběhnul a aby se daly ovládat otáčky a točivý moment motoru. Řídicí elektronika pouští proud na vinutí pólu statoru, kde se indukuje magnetický tok. Ten působí na póly rotoru tak, že se snaží zarovnat s póly statoru. (Kameš, 2015; Kopecký, 2008)

Obrázek 3 - Řízený reluktanční motor



Zdroj: Kopecký, 2008

Stejnoseměrný motor bez kartáčů

Stejnoseměrný motor bez kartáčků má podobnou stavbu jako stejnoseměrný motor s cizím buzením. Ve vnějším statoru je ale vinutí a v rotoru najdeme permanentní magnety. Statorového vinutí se skládá ze tří nebo čtyř svazků a je napájeno pulzně modulovaným stejnoseměrným proudem a je zprostředkováno komutátorem. (Kameš, 2015)

Magnet-motor

Jde o bezkartáčkový elektrický motor, který má na rotoru permanentní magnety. Ty vytvářejí konstantní magnetické pole. Stator má vinutí připojené na střídavý proud, které vytváří rotační magnetické pole. Po rozběhnutí se otáčky rotoru synchronně ustálí na otáčkách magnetického pole statoru. (Kameš, 2015)

2.2 Hybridní vozidla (HEV)

Hybridní pohon rozdělujeme na sériový a paralelní hybridní pohon. Při sériovém zapojení je spalovací motor využíván jako zdroj energie pro elektromotor. U paralelně zapojeného hybridu je kromě klasického spalovacího motoru i elektromotor, který je schopný fungovat buď sám, nebo v případě potřeby pomoc spalovacímu motoru dodáním výkonu. Tento typ vozidel se hodí spíše pro kratší dojezdové vzdálenosti. Vzhledem k možnosti jet na elektrickou energii se však hodí pro provoz ve městech, kde je velký tlak na snížení emisí a hluku. Vozidlo je schopné rekuperace energie při brždění. Akumulátory se dobijí buď rekuperací, nebo jízdou na spalovací motor. Existuje také Plug-in hybrid (PHEV), který je možné nabít přímo ze sítě. Připojením elektrického motoru k spalovacímu motoru se může snížit potřebný počet převodů kvůli pomoci elektromotoru v momentu, kdy má spalovací motor malý krouticí moment, například při rozjezdu. (Ramadhas, Arumugam S., 2011, Kameš, 2015, Kameš, 2004)

Obrázek 4 - Scania elektrický motor 130 kW

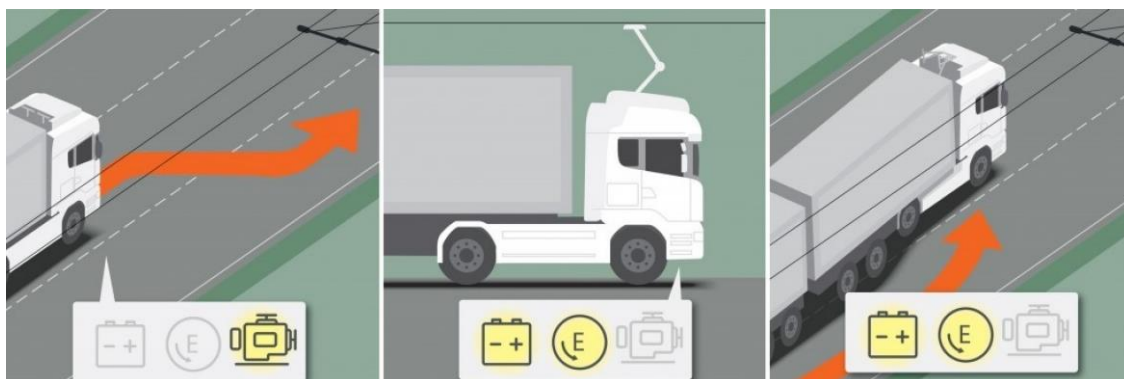


Zdroj: Competitor overview Scania HEV/PHEV, 2019

Elektrifikovaná dálnice

Nad vozovkou dálnice je umístěno elektrifikované vedení. Jakmile kamion rozpozná, že je dálnice elektrifikovaná, může se připojit pomocí pantografu. To je samozřejmě možné pouze pro hybridní nebo elektrická nákladní vozy vybavená pantografy. Po připojení na zdroj elektřiny proudí elektřina do elektromotoru a spalovací motor se vypne. Dochází k jízdě čistě na elektřinu ale také k nabíjení akumulátorů. Při odpojení od trolejového vedení se pantograf sám spustí a vozidlo jede na elektromotor. Tyto dálnice se vyplatí budovat například na cestě z jednoho logistického centra do druhého nebo mezi letištěm a překladištěm jako je tomu v Německu. (Scania, 2019, Visions, 2019, auto.cz, 2019)

Obrázek 5 - Způsob fungování elektrifikované dálnice

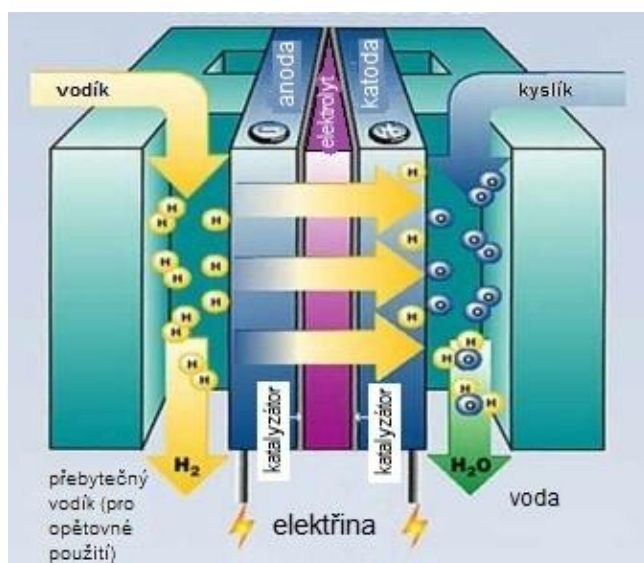


Zdroj: Scania, 2019

Vozidla s elektrickými palivovými články

Elektrické palivové články jsou alternativou zásoby energie pro elektrovozidla. V palivových článcích dochází k chemickým reakcím, které mají za následek uvolnění elektrické energie. Během tohoto procesu se spotřebovává palivo. Nedochází k vybíjení článků. Účinnost technologie palivových článků je skoro dvojnásobná oproti účinnosti spalovacího motoru. Jako palivo pro palivový článek se může použít například vodík, methanol nebo zemní plyn. Palivový článek se skládá z anody a katody. Na anodu je přiváděno palivo, zatímco na katodu je přiváděn buď kyslík, nebo vzduch jako oxidační prostředek. Produktem této reakce je voda. (Ramadhas, Arumugam S. 2011, Kameš, 2015, Kameš, 2004, tzbinfo, 2019)

Obrázek 6 - Chemické reakce v palivovém článku



Zdroj: tzbinfo, 2019

Vodík

Vodík slouží pro přeměnu na elektrickou energii. Může se buď spalovat přímo v motoru (Stirlingův motor), nebo se může použít pro výrobu elektrické energie (palivové články). I přes to, že je vodík všude kolem nás, je složité ho získat, protože je ve formě sloučenin. Největší problém vodíku je jeho výroba, skladování a doprava. Tyto tři aspekty budou muset být vyřešeny, než se vodík stane komerčně využívaným palivem. (Ramadhas, Arumugam S., 2011)

2.3 Ostatní alternativní paliva

Biopaliva

Biopaliva se dají použít v klasických spalovacích motorech. Vyrábí se z rostlin, nebo organického odpadu. Buď mohou být rostliny přeměněné na rostlinný olej, nebo se fermentací přemění na alkohol. (Kameš 2004)

Plyn

Hlavní složkou zemního plynu je metan (CH_4). Dá se použít buď jako stlačený (CNG/CBG) nebo jako zkapalněný (LNG/LG). V obou případech je potřeba mít na vozidlech speciální nádrž. Kromě zemního plynu je možné jezdit na LPG. Jde však stále o ropný produkt. (Kameš 2004)

3 Výhody, nevýhody a omezení provozu nákladních vozidel s elektrickým pohonem

Jak již bylo zmíněno, jsou dva hlavní způsoby silniční dopravy. Doprava dálková a doprava distribuční. U dopravy dálkové ujedou vozidla (především nákladní vozidla s hrubou hmotností větší než 3,5 tuny a silniční tahače) velkou vzdálenost s málo zastávkami. Někdy jsou na cestách i několik dnů či týdnů bez toho, aby se vrátili do firmy. Pro takovou dopravu je velmi složité vyvinout vhodné hybridní, nebo elektrické vozidlo. V současných podmínkách by baterie s dostatečnou kapacitou pro ujetí požadované vzdálenosti od nabíječky k nabíječce byly velmi těžké a rozměrné. To snižuje efektivitu přepravy. Dalším snížením efektivitu by bylo zdlouhavé nabíjení velkých baterií. Baterie a nabíjecí stanice by musely být na takové úrovni, aby se vozidlo nabilo při povinné

přestávce řidiče. Dalším problémem mohou být přejezdy do jiných zemích, kde jsou zpravidla jiní poskytovatelé elektrických nabíječek. Vzhledem k množství najetých kilometrů je také potřeba počítat s výměnou baterií, což není levná záležitost. Například Volkswagen zaručuje, že si po 8 let nebo 160 000 km baterie ve voze e-crafter udrží 80% své kapacity. Tuto vzdálenost může tahač najet během jednoho roku provozu. (Český rozhlas 2019, Auto.cz, 2019) Alternativou pro dálkovou přepravu by bylo rozšíření elektrifikovaných dálnic. Ty jsou vhodné pro elektrické i hybridní tahače. Mohou být vybudované na stávajících dálnicích. Vozidla pro jejich použití potřebují speciální pantografy.

Hybridní a elektrická vozidla jsou tedy vhodnější pro distribuční dopravu. Při tomto provozu většinou najezdí menší vzdálenosti a udělají více zastávek. Toho využívá rekuperace energie, která při brždění dobíjí baterie.

3.1 Výhody

Nabíjení

Mezi výhody provozu elektrických vozidel využívaných logistickými firmami apod. k přepravě zboží patří možnost nabíjení v areálu firmy v době, kdy je vozidlo nevyužívané. Běžně to bývá v nočních hodinách. Řidič ráno přijde k nabitému vozidlu a může rovnou vyrazit. Po dokončení směny vozidlo zaparkuje a napojí na zdroj proudu. K nabíjení baterií dochází i při provozu vozidla a to buď při „volnoběžné“ jízdě například z kopce, nebo při brždění.

Emise

Při využívání bezemisních zdrojů energie jako je například vítr, sluneční energie, nebo mořské vlny nebudou vozidla poháněná touto energií vypouštět emise skleníkových plynů do ovzduší. I elektro vozidla ale zvedají prašnost v místech, kde jezdí. Prachové částice vznikají nejen při spalování motorem, ale i při vzájemném otěru pneumatik s vozovkou, nebo brzdových destiček s brzdovým kotoučem. Zároveň se průjezdem vyří prachové částice, které tam již byly usazené, nebo se usazovaly. Otěr pneumatiky s vozovkou je u elektrovozidel vzhledem k větší hmotnosti významnější. Ve stále více městech začíná platit zákaz vjezdu dieselovými vozidly nesplňující nejpřísnější emisní normy. Pro elektromobily a hybridní vozidla tento zákaz neplatí. (Skeřil, 2019)

Hluk

Elektromotor nevydává skoro žádný zvuk. Vozidlo vybavené elektromotorem je proto vhodné k nočním rozvázkám po městech. Je až tak tichý, že může být nebezpečný svému okolí. Proto podle nařízení Evropské Unie musí od 1. července 2019 všechny nově vyrobené elektromobily a hybridní vozy vydávat zvuk při nízkých rychlostech. Tím se jejich výhoda lehce limituje. Dle mého názoru je dobré být ozvučen při couvání ať v elektromobilu, nebo klasickém vozidle. Řidič má horší výhled z vozidla a zvuk může odvrátit případnou srážku s chodcem. Pokud řidič pojede vpřed, je na něm, aby chodce na přechodu nesrazil. (elektrina.cz, 2019)

Jednoduchost

Elektromotor je jednodušší než motor spalovací. Píst spalovacího motoru koná přímočarý pohyb, který je potřeba pomocí klikového mechanismu převést na pohyb rotační. Elektromotor přímo generuje rotační pohyb. I díky tomu má elektromotor vyšší účinnost než motor spalovací. Pokud se počítá účinnost samotného elektromotoru a zanedbají se ztráty v průběhu výroby a dopravy elektřiny do baterií. Elektromotor má méně pohyblivých součástí a není potřeba v něm měnit olej a filtry. Cena servisu elektromobilů je tedy nižší. (auto.cz, 2019)

3.2 Nevýhody

Baterie, jejich výroba a likvidace

Ve vozidlech poháněných elektrickým proudem většinou najdeme Li-Ion (Lithium-ionové) baterie. Ty pro svou výrobu potřebují mimo jiné Lithium a Kobalt. Oba tyto prvky jsou v souvislosti s elektromobilitou velmi diskutované. Zásoby Lithia byly údajně nedostatečnými pro výrobu předpokládaného množství elektro vozidel a předpokládalo se, že dojde k jeho vytěžení do konce 21. století. Nyní nabídka Lithia převyšuje poptávku a cena Lithia průběžně klesá. Výrobci baterií se snaží snižovat množství Lithia v bateriích a je možné, že jej nahradí jiné suroviny. Více než 50% světové zásoby Kobaltu je v Demokratické republice Kongo. Podle organizace Amnesty International se v KDR na těžbě kobaltu ve velké míře podílejí děti, které pracují v nelidských podmínkách. DRK je nestabilní stát a nedohlíží se v něm na dodržování lidských práv. Kobalt zároveň nepodléhá zákonu o konfliktních nerostech, proto se těžko mapuje dodavatelská síť této

suroviny. Podle Amnesty International by kobalt z Demokratické republiky Kongo v bateriích svých vozů měly mít značky Daimler a Volkswagen. (Amnesty International, 2016)

Likvidace baterií elektromobilů je další často diskutované téma. V budoucnu se předpokládá obrovský počet vysloužilých baterií z elektromobilů a hybridů. V současné době je jednodušší a ekonomicky výhodnější vyrobit novou baterii, než zrecyklovat stávající. Už dnes vědci pracují na technologii, která by recyklaci baterií zjednodušila a zlevnila. Na druhou stranu je možné vysloužilé baterie z elektro vozů využít jako stacionární zdroj energie. (oenergetice.cz, 2019, Česká televize, 2019)

Ztráta kapacity

Významná nevýhoda baterie elektromobilů je ztráta její kapacity. Baterie se vyměňuje v případě, že přijde o 30% své původní kapacity. Dle Toyoty to může být za déle jak 10 let, dle Volkswagenu za déle jak 8 let nebo 160 000 km. Záleží také na podmínkách, ve kterých je vozidlo provozováno. Je známo, že bateriím nedělá dobře ani velká zima, ani velké teplo. (fdrive.cz, 2019, Volkswagen 2019)

Omezený dojezd

Pro čistě elektrické vozidlo je největší nevýhodou jeho omezený dojezd na jedno nabití. Dojezd se ještě zkrátí v dobách velkých veder a velké zimy, které bateriím nedělají dobře. Navíc je při jízdě zapnutá klimatizace, nebo topení. Pokud je s vozidlem potřeba ujet delší vzdálenost, než jaký má dojezd, musí být trasa pečlivě naplánována, aby elektřina vystačila až k nabíječce. Pokud by elektřina došla, kanystř a nejbližší benzínka řidiče nespasí.

4 Zhodnocení vývoje trhu nákladních automobilů s elektrickým pohonem

V této kapitole se nejprve budu věnovat vývoji počtu nákladních automobilů a silničních taháčů v České republice a ve vybraných státech Evropské unie v letech 2013 – 2017 podle typu spotřebované energie. Vývoj budu hodnotit pomocí průměrného koeficientu růstu.

\bar{k} průměrný koeficient růstu je úhrnná charakteristika relativních změn pro celou časovou řadu. Udává rychlost růstu nebo poklesu hodnot v průměru za sledované období.

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_0}}$$

Dle terminologického slovníku pro dopravní statistiku Eurostat, publikovanou Evropskou hospodářskou komisí, je park vozidel definován počtem silničních vozidel registrovaných k určitému datu v dané zemi s povolením k provozu na veřejných komunikacích. Zahrnuta sem jsou i silniční vozidla, která jsou osvobozena od ročních daní nebo licenčních poplatků. Zároveň sem patří dovezená ojetá vozidla a jiná silniční vozidla podle vnitrostátních zvyklostí. Vojenská vozidla jsou ze statistiky vyjmuta.

Energie spotřebovaná silničními motorovými vozidly je energie použitá pro pohon dopravních prostředků, pro zdvihání pomocí zabudovaného jeřábu, osvětlení, topení a zařízení sloužící pro pohodlí v dopravních prostředcích. Dále sem patří i energie spotřebovaná nenaloženými silničními vozidly. Ve statistikách bude sledována benzínová, dieselová a alternativní spotřebovaná energie. Alternativní energií je označován jiný druh hnací energie, než kterým jsou klasická paliva, motorový benzin a motorová nafta. Mezi alternativní paliva patří elektrická energie, LPG, zkapalněný nebo stlačený zemní plyn, alkoholy, směsi alkoholů s jinými palivy, vodík, biopaliva a další. (Eurostat, 2009)

4.1 Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v České republice v letech 2013-2017

Nákladní vozidlo je definováno jako rigidní silniční motorové vozidlo, které slouží výhradně nebo především k přepravě zboží. Do této kategorie patří lehká nákladní silniční vozidla s hrubou hmotností vozidla maximálně 3,5 tuny, jde o dodávky a polododávky.

Dále do této kategorie patří těžká nákladní silniční vozidla s hrubou hmotností vozidla vyšší než 3,5 tuny. (Eurostat, 2019)

Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v České republice podle typu spotřebované energie v letech 2013-2017 zachycuje následující tabulka, přičemž podkladová data jsou uvedena v příloze 1¹.

Tabulka 2 - Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v ČR podle typu spotřebované energie v letech 2013-2017

Rok	Typ spotřebované energie		
	Benzínová	Dieselová	Alternativní
2013	93 595	497 573	2 271
2014	92 435	513 336	2 940
2015	94 611	548 800	3 381
2016	93 520	570 537	3 648
2017	93 290	591 929	4 149

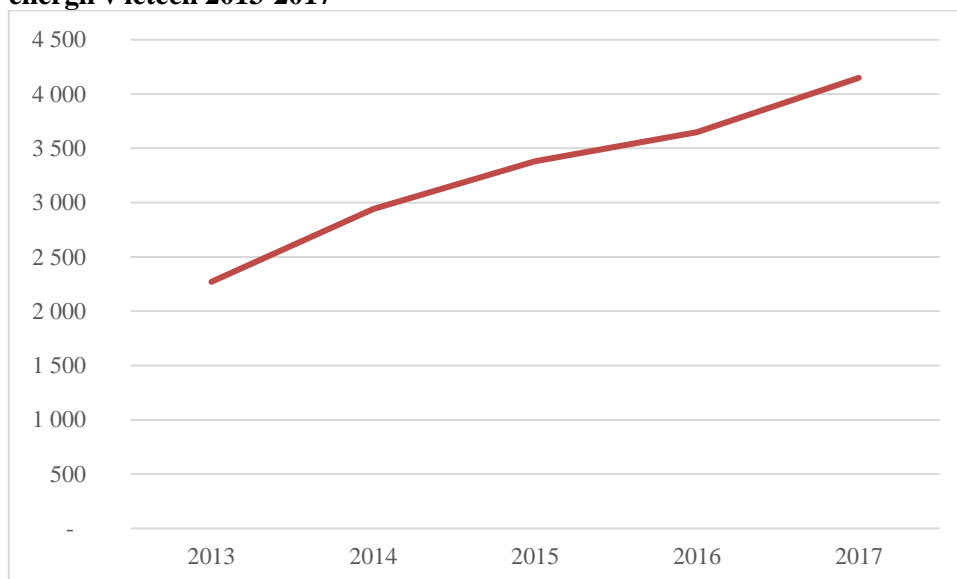
Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, Ministerstvo dopravy 2019

Počet registrovaných nákladních vozidel s povolením k provozu na veřejných komunikacích ve sledovaném období meziročně v průměru rostl o 3,82%, přičemž počet vozidel se spotřebovanou benzínovou energií klesal o 0,08%. Počet dieselových vozidel rostl o 4,44% a počet vozidel s pohonem na alternativní energii meziročně v průměru rostl o 16,26%. (Eurostat, 2019, Ministerstvo dopravy 2019)

Vývoj počtu nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii zachycuje následující graf.

¹ Příloha 1 - Nákladní vozidla registrovaná v České republice v letech 2013-2017

Graf 5 - Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v ČR s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017



Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, Ministerstvo dopravy 2019

Podíl nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii na celkovém počtu nákladních vozidel tvoří necelé jedno procento. V roce 2013 podíl činil 0,38%, v roce 2017 pak 0,60%.

Rozdělení nákladních vozidel podle typů spotřebované alternativní energie není ve statistice Eurostat dostupné.

4.2 Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v České republice v letech 2013-2017

Za silniční tahač je považováno silniční motorové vozidlo, které slouží k tažení jiných silničních vozidel, která nemají vlastní pohon, zejména návěsů.

Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v České republice podle typu spotřebované energie v letech 2013-2017 je zobrazen v níže uvedené tabulce. Podkladová data obsahuje příloha 2².

² Příloha 2 – Silniční tahače registrované v České republice v letech 2013-2017

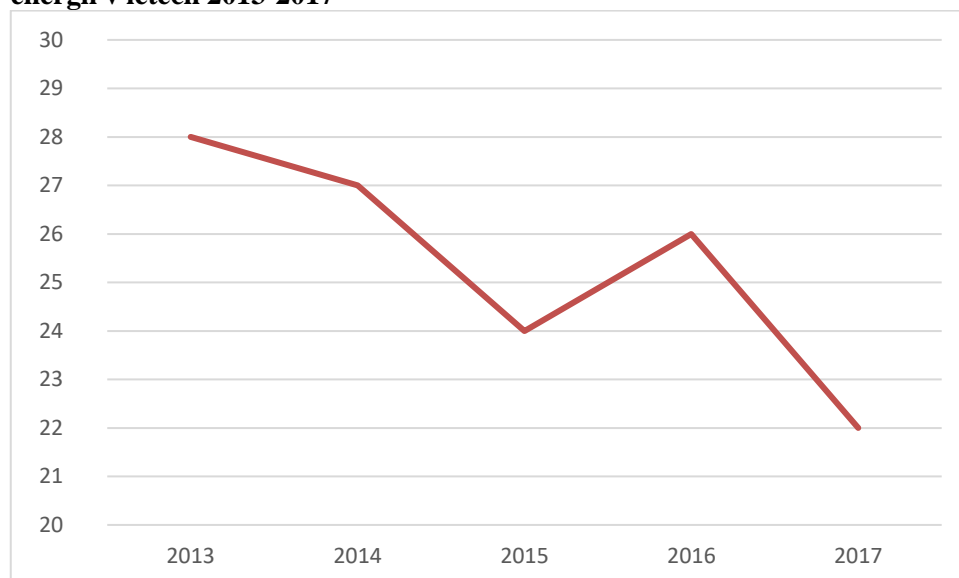
Tabulka 3 - Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v ČR podle typu spotřebované energie v letech 2013-2017

Rok	Typ spotřebované energie		
	Benzínová	Dieselová	Alternativní
2013	17	7 581	28
2014	18	6 576	27
2015	18	5 241	24
2016	18	4 444	26
2017	16	4 094	22

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019

Počet registrovaných silničních tahačů s povolením k provozu na veřejných komunikacích ve sledovaném období meziročně v průměru klesal o 14,20%. Počet vozidel se spotřebovanou benzínovou energií klesal o 1,50%. Počet dieselových vozidel klesal o 14,28% a počet vozidel s pohonem na alternativní energii meziročně v průměru klesal o 5,85%. Vývoj počtu silničních tahačů s pohonem na alternativní paliva je zobrazen v následujícím grafu.

Graf 6 - Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v ČR s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017



Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, Ministerstvo dopravy 2019

Podíl silničních tahačů s pohonem na alternativní energii na celkovém počtu silničních tahačů stejně jako u nákladních vozidel tvoří necelé jedno procento. Podíl v roce 2013 činil 0,37% a 0,53% v roce 2017.

Rozdělení silničních tahačů podle typů spotřebované alternativní energie není stejně jako u nákladních vozidel ve statistikách Eurostat dostupné.

Z dostupných dat vyplývá, že v České republice je daleko více rozšířena doprava zboží pomocí nákladních vozidel než silničních tahačů s návěsy. Pokud sečteme počet nákladních vozidel a počet silničních tahačů v roce 2017, činí podíl nákladních vozidel na celkovém počtu 99,40%, v roce 2013 to bylo 98,73%. Rostoucí trend počtu nákladních silničních vozidel bude pravděpodobně nadále zachován, stejně tak jako rostoucí trend počtu nákladních silničních vozidel s pohonem na alternativní energii. Pokud bude zachován i trend sledovaného období u počtu silničních tahačů, bude jejich počet v České republice klesat.

4.3 Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017

Vývoj počtu nákladních vozidel registrovaných v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017 je zpracován na základě dat dopravní statistiky Eurostat. Podkladová data jsou uvedena v příloze 3³, přičemž státy s neúplnými daty jsou z porovnání vývoje v letech 2013-2017 vynechány.

Nejvyšší meziroční nárůst počtu nákladních vozidel nastal v Estonsku, kde došlo k průměrnému meziročnímu navýšení o 5,86%, přičemž počet vozidel s hrubou hmotností vozidla vyšší než 3,5 tuny vzrostl o 1,27% a u vozidel s hmotností maximálně 3,5 tuny vzrostl o 7,65%. Další nejvyšší nárůst nastal v Turecku, konkrétně o 4,92%, počet vozidel nad 3,5 tuny vzrostl o 1,39% a počet vozidel s hmotností 3,5 tuny o 5,57%. Další zemí s nejvyšším průměrným meziročním nárůstem počtu nákladních vozidel je s růstem 4,02% Lucembursko. Počet vozidel s hmotností nad 3,5 tuny v Lucembursku vzrostl o 1,14% a s hmotností do 3,5 tuny o 4,55 %. Ze statistik vyplývá, že i v dalších státech více narůstá počet nákladních vozidel s hrubou hmotností vozidla maximálně 3,5 tuny. Pouze na Maltě, kde došlo k průměrnému meziročnímu růstu počtu nákladních vozidel o 2,09%, došlo k vyššímu navýšení počtu vozidel s hrubou hmotností vozidla vyšší než 3,5 tuny, konkrétně o 2,43%. Počet vozidel s hrubou hmotností vozidla maximálně 3,5 tuny zde vzrostl o 1,99%. U vozidel s hrubou hmotností vozidla maximálně 3,5 tuny došlo

³ Příloha 3 – Nákladní vozidla registrovaná v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017

k největšímu průměrnému meziročnímu růstu v Estonsku o 7,65%, dále v Turecku o 5,57% a v Lotyšsku o 4,88%.

K nejvyššímu průměrnému meziročnímu poklesu počtu nákladních vozidel došlo v Litvě a Lotyšsku. V Litvě nastal pokles o 7,45%, v Lotyšsku o 2,29%. Počet vozidel s hmotností nad 3,5 tuny průměrně meziročně klesl nejvíce v Lotyšsku, konkrétně o 15,56%, dále pak v Litvě o 9,25%. Počet vozidel s hmotností maximálně 3,5 tuny průměrně meziročně klesl nejvíce v Litvě o 6,71%, v Lotyšsku naopak stoupl, jak je již výše uvedeno o 4,88%.

Nejvíce nákladních vozidel v roce 2017 bylo registrováno ve Francii, konkrétně 6 536 482 vozidel. Dále bylo registrováno 4 924 476 nákladních vozidel ve Španělsku, 4 258 793 ve Velké Británii a 4 251 148 v Turecku. Z výše uvedených států bylo nejvíce nákladních vozidel s hrubou hmotností vozidla vyšší než 3,5 tuny registrováno v Turecku, konkrétně 608 523, dále ve Velké Británii 366 752, 338 553 ve Španělsku a 335 502 ve Francii. Nejvíce nákladních vozidel s hrubou hmotností maximálně 3,5 tuny bylo v roce 2017 registrováno ve Francii, konkrétně 6 200 980, ve Španělsku 4 585 923 a ve Velké Británii 3 892 041.

Nejnižší počet nákladních vozidel byl v roce 2017 registrován v Lucembursku, konkrétně 38 558, 45 940 na Maltě, 72 831 v Lotyšsku a 84 625 v Litvě. Nejméně vozidel s hrubou hmotností nad 3,5 tuny bylo z výše uvedených států registrováno v Litvě, konkrétně 23 483. Dále pak 17 274 v Lotyšsku, 10 820 na Maltě a 5 543 v Lucembursku. Nejméně vozidel s hrubou hmotností maximálně 3,5 tuny bylo registrováno v Lucembursku, konkrétně 33 015, na Maltě 35 120 a v Severní Makedonii 35 912.

Následující tři tabulky zobrazují počty nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii registrovaných ve vybraných členských státech Evropské unie ve sledovaném období.

Tabulka 4 - Vývoj celkového počtu nákladních vozidel registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017

Stát	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Estonsko	63	83	120	162	237
Polsko	200 106	254 322	252 201	250 826	458 733
Portugalsko	708	846	809	835	1051
Rakousko	2 541	2 851	3 134	3 477	3 677
Lucembursko	292	331	331	375	420
Švýcarsko	5 000	3 200	3 640	3 600	4 000

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019

Nejvyšší průměrný meziroční nárůst počtu registrovaných nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017 nastal v Estonsku, kde činil 39,27%. O 23,05% došlo k nárůstu v Polsku a o 10,38% v Portugalsku. K průměrnému meziročnímu poklesu nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii došlo o 5,43% ve Švýcarsku.

Nejvyšší podíl nákladních vozidel bez ohledu na hmotnost s pohonem na alternativní energii na celkovém počtu nákladních vozidel v roce 2017 byl v Polsku, kde činil 14,12%, dále v Itálii, kde byl 3,33% a v Lotyšsku 2,39%.

V níže uvedené tabulce jsou státy, ve kterých došlo k významné průměrné meziroční změně počtu nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii s hrubou hmotností vozidla vyšší než 3,5 tuny.

Tabulka 5 - Vývoj počtu nákladních vozidel s hrubou hmotností >3,5 t registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017

Stát	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Polsko	25 275	25 166	25 023	24 891	164 593
Estonsko	8	8	17	34	49
Lucembursko	94	99	103	132	133
Portugalsko	21	29	20	24	27
Švýcarsko	1 000	200	140	200	100

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019

V Polsku počet těchto vozidel průměrně meziročně vzrostl o 59,75%, v Estonsku o 57,32% a v Lucembursku o 9,06%. Z dostupných dat vyplývá, že k největšímu poklesu došlo o 43,77% ve Švýcarsku.

Nejvyšší podíl nákladních vozidel s hrubou hmotností >3,5 t s pohonem na alternativní energii na celkovém počtu nákladních vozidel byl v roce 2017 v Polsku, konkrétně 24,41%, dále v Lotyšsku 3,05% a v Lucembursku 2,40%.

Ve všech státech EU, kde jsou dostupná data, kromě Švýcarska, došlo u nákladních vozidel s hrubou hmotností maximálně 3,5 t k průměrnému meziročnímu nárůstu u vozidel s pohonem na alternativní energii.

Tabulka 6 - Vývoj počtu nákladních vozidel s hrubou hmotností ≤3,5 t registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017

Stát	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Malta	13	22	26	41	47
Estonsko	55	75	103	128	188
Finsko	277	372	405	548	721
Polsko	174 831	229 156	227 178	225 935	294 140
Portugalsko	687	817	789	811	1 024

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019

Ve výše uvedených státech došlo k nejvyšší průměrné meziroční změně. Nejvíce průměrně meziročně vzrostl počet těchto vozidel na Maltě, o 37,89%, v Estonsku o 35,97% a ve Finsku o 27,02%.

Nejvyšší podíl nákladních vozidel s hrubou hmotností maximálně 3,5 t s pohonem na alternativní energii na celkovém počtu nákladních vozidel byl v roce 2017 v Polsku, konkrétně 11,43%, dále v Itálii 3,84% a v Turecku 2,51%.

Následující tabulka zobrazuje přehled států, ve kterých byla ve sledovaném období registrována nákladní vozidla s pohonem na elektřinu.

Tabulka 7 - Vývoj celkového počtu nákladních vozidel registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na elektrickou energii v letech 2013-2017

Stát	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Francie	13 834	17 861	22 233	26 519	30 980
Velká Británie	*	*	4 668	5 389	6 313
Španělsko	*	1 385	1 986	3 012	4 015
Švédsko	*	*	1 223	1 552	1 948
Rakousko	620	820	1 070	1 468	1 712
Polsko	*	*	1 019	1 030	1075
Švýcarsko	0	400	500	700	800
Portugalsko	*	84	134	176	383
Finsko	*	147	187	249	290
Maďarsko	21	19	43	94	190
Irsko	*	69	69	78	100
Malta	*	14	13	25	30
Estonsko	7	14	16	17	18
Lotyšsko	*	6	7	11	13

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Nejvíce nákladních vozidel s pohonem na elektrickou energii je registrováno ve Francii, v roce 2017 zde bylo registrováno 30 980 vozidel. Dále je 6 313 vozidel registrováno ve Velké Británii a 4 015 ve Španělsku. K nejvyššímu průměrnému meziročnímu nárůstu došlo v Maďarsku, konkrétně o 73,43% a dále v Rakousku o 28,91%.

Státy, ve kterých jsou registrována nákladní vozidla s hrubou hmotností nad 3,5 tuny s pohonem na elektrickou energii, jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 8 - Vývoj počtu nákladních vozidel s hrubou hmotností >3,5 t registrovaných

Stát	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Polsko	620	619	619	619	636
Velká Británie	*	*	411	402	372
Francie	84	95	95	90	94
Španělsko	*	63	57	66	73

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Nejvíce nákladních vozidel s hrubou hmotností nad 3,5 tuny s pohonem na elektrickou energii je registrováno v Polsku, v roce 2017 to bylo 636 vozidel. Dále 372 vozidel ve Velké Británii a 34 ve Francii. Z dat vyplývá, že většina nákladních vozidel s pohonem

na elektrickou energii spadá do kategorie vozidel s hrubou hmotností vozidla maximálně 3,5 tuny.

Tabulka 9 - Vývoj počtu nákladních vozidel s hrubou hmotností ≤3,5 t registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na elektrickou energii v letech 2013-2017

Stát	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Francie	13750	17766	22138	26429	30886
Velká Británie	*	*	4257	4987	5941
Španělsko	*	1322	1929	2946	3942
Švédsko	547	832	1223	1552	1947
Rakousko	619	819	1069	1467	1711
Švýcarsko	0	400	500	700	800
Polsko	*	*	400	411	439
Portugalsko	51	76	133	176	383
Finsko	127	147	186	248	289
Maďarsko	21	19	43	94	189
Turecko	55	101	116	130	140
Lucembursko	70	85	84	102	135
Irsko	*	67	68	77	99
Chorvatsko	*	*	36	65	77
Malta	7	14	13	25	30
Estonsko	7	14	16	17	18
Itálie	*	*	*	*	4 516
Kypr	0	0	0	1	1
Lotyšsko	*	6	7	11	13
Norsko	*	*	*	2 568	3 478

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Nejvíce nákladních vozidel s hrubou hmotností maximálně 3,5 tuny s pohonem na elektrickou energii je registrováno ve Francii, v roce 2017 to bylo 30 886 vozidel. Dále 5 941 vozidel ve Velké Británii, 3 942 ve Španělsku.

V průměru meziročně došlo k nejvyššímu meziročnímu růstu počtu těchto vozidel v Maďarsku, přesně o 73,21%, dále v Portugalsku o 65,54% a na Maltě o 43,88%.

Nejvyšší podíl počtu elektrických vozidel na celkovém počtu vozidel s maximální hrubou hmotností maximálně 3,5 t byl v roce 2017 v Norsku, kde činil 0,71%. Dále ve Francii, kde byl podíl 0,50%, 0,42% v Rakousku a 0,41% v Lucembursku.

Z výše uvedených statistik vyplývá, že ve sledovaném období, v letech 2013 – 2017, se nákladní silniční doprava v Evropské unii rozrůstala v oblasti nákladních vozidel

s maximální hrubou hmotností vozidla 3,5 tuny. Počet nákladních vozidel s maximální hmotností 3,5 tuny v průměru meziročně rostl ve státech s nejvyššími počty vozidel, kam patří například Turecko, Polsko, Portugalsko, Nizozemsko, Švédsko, stejně tak jako ve státech, kde je nákladních vozidel registrováno nejméně, například v Lucembursku, na Maltě nebo v Lotyšsku. Pouze ve Francii, kde je registrováno nejvíce nákladních vozidel, došlo k průměrnému meziročnímu poklesu vozidel s maximální hmotností 3,5 tuny k poklesu o 0,12 %, kde ale zároveň klesl v průměru meziročně počet nákladních vozidel bez ohledu na hmotnost o 0,17%. V těchto výše uvedených státech vyjma Francie činil v průměru v roce 2017 podíl nákladních vozidel s maximální hmotností 3,5 t na celkovém počtu nákladních vozidel 85,74%.

Podle statistiky Eurostat byla v roce 2017 v 20 z původně sledovaných 31 státech evidována nákladní vozidla s pohonem na alternativní energii. Podíl nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii na celkovém počtu nákladních vozidel bez ohledu na hmotnost činil v roce 2017 2,27%. Vyšším podílem byla zastoupena nákladní vozidla s maximální hrubou hmotností 3,5 tuny. Vozidla s maximální hrubou hmotností 3,5 tuny s pohonem na alternativní energii představovala v průměru 77,98% z celkového počtu nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii registrovaných v těchto 20 státech. Podle dosavadního trendu se předpokládá, že počet nákladních vozidel zejména s hrubou hmotností maximálně 3,5 tun s pohonem na alternativní energii bude v dalších letech narůstat.

Stejně jako v případě obecně spotřebované alternativní energie, jsou vozidla s pohonem na elektrickou energii evidována ve 20 státech. Stejně tak vyšší podíl nákladních vozidel s pohonem na elektrickou energii tvoří vozidla s hrubou hmotností maximálně 3,5 tuny. Tato vozidla tvoří ve sledovaných 20 státech v průměru 97,93% z celkového počtu nákladních vozidel na elektrickou energii a 8,75% z vozidel s hrubou hmotností maximálně 3,5 tuny s pohonem na alternativní energii.

4.4 Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017

Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017, stejně jako v případě nákladních vozidel, vychází z dat dopravní statistiky

Eurostat. Podkladová data jsou uvedena v příloze 4⁴, přičemž státy s neúplnými daty jsou z porovnání vývoje v letech 2013-2017 vynechány.

Nejvyšší průměrný meziroční nárůst počtu registrovaných silničních tahačů v letech 2013-2017 byl zaznamenán ve Slovinsku, kde činil 10,42%, přičemž počet tahačů v roce 2017 byl 14 330. Podobným tempem rostl počet tahačů v Portugalsku, konkrétně o 9,52%, registrováno v roce 2017 bylo 45 144 vozidel. V Chorvatsku rostl počet vozidel o 9,07%, v roce 2017 bylo registrováno 11 334 vozidel.

Nejvyšší průměrný meziroční pokles počtu registrovaných silničních tahačů v letech 2013-2017 nastal v České republice, kde došlo k poklesu o 14,2% jak již bylo uvedeno výše. Další pokles počtu tahačů byl zaznamenán v Lucembursku o 0,52%, kde v roce 2017 bylo registrováno 4 629 tahačů. V ostatních zemích došlo ve sledovaném období k průměrnému meziročnímu růstu.

Nejvíce silničních tahačů v roce 2017 bylo registrováno v Polsku, konkrétně 390 445 tahačů. Dále pak bylo registrováno 230 195 tahačů v Turecku, 218 154 ve Španělsku, 210 941 v Německu, 205 602 ve Francii. Naopak nejméně silničních tahačů bylo v roce 2017 registrováno na Maltě, konkrétně 1 131, 1 878 na Kypru, 4 132 v České republice a 4 629 v Lucembursku.

Vývoj počtu silničních tahačů s pohonem na alternativní energii registrovaných ve vybraných členských státech Evropské unie ve sledovaném období znázorňuje níže uvedená tabulka.

Tabulka 10 - Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017

Stát	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Španělsko	59	99	160	365	503
Polsko	5 691	5 823	5 871	5 940	37 637
Francie	127	128	185	331	768
Chorvatsko	45	45	42	34	30
Severní Makedonie	233	142	128	106	13

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019

⁴ Příloha 4 – Silniční tahače registrované v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017

Nejvyšší průměrný meziroční nárůst počtu registrovaných silničních tahačů s pohonem na alternativní energii v letech 2013-2017 nastal ve Španělsku, kde počet tahačů vzrostl v průměru meziročně o 70,88%. Naopak nejvyšší meziroční pokles byl zaznamenán v Severní Makedonii, kde došlo k poklesu o 51,4%.

Nejvyšší podíl silničních tahačů s pohonem na alternativní energii na celkovém počtu tahačů v roce 2017 byl v Polsku, kde představoval 9,64%, dále v Belgii činil 7,92% a v Lucembursku 1,94%.

Přehled států, ve kterých byly ve sledovaném období registrovány silniční tahače s pohonem na elektřinu, uvádí níže uvedená tabulka.

Tabulka 11 - Vývoj počtu silničních tahačů registrovaných ve vybraných státech EU s pohonem na elektrickou energii v letech 2013-2017

Stát	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Velká Británie	*	*	297	291	287
Polsko	0	62	61	61	61
Itálie	*	*	*	*	26
Německo	2	2	2	1	11
Španělsko	*	4	4	4	5
Belgie	3	3	3	3	3
Francie	1	1	1	1	1
Maďarsko	0	0	0	1	1
Rakousko	*	*	0	0	1

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Silniční tahače s pohonem na elektrickou energii jsou registrovány především ve Velké Británii, kde v roce 2017 jich bylo registrovaných 287 a kde činí počet silničních tahačů s pohonem na elektrickou energii 41,65% z celkového počtu tahačů na alternativní energii. Významný počet elektrických tahačů je registrován také v Polsku, v roce 2017 jich zde bylo registrováno 61.

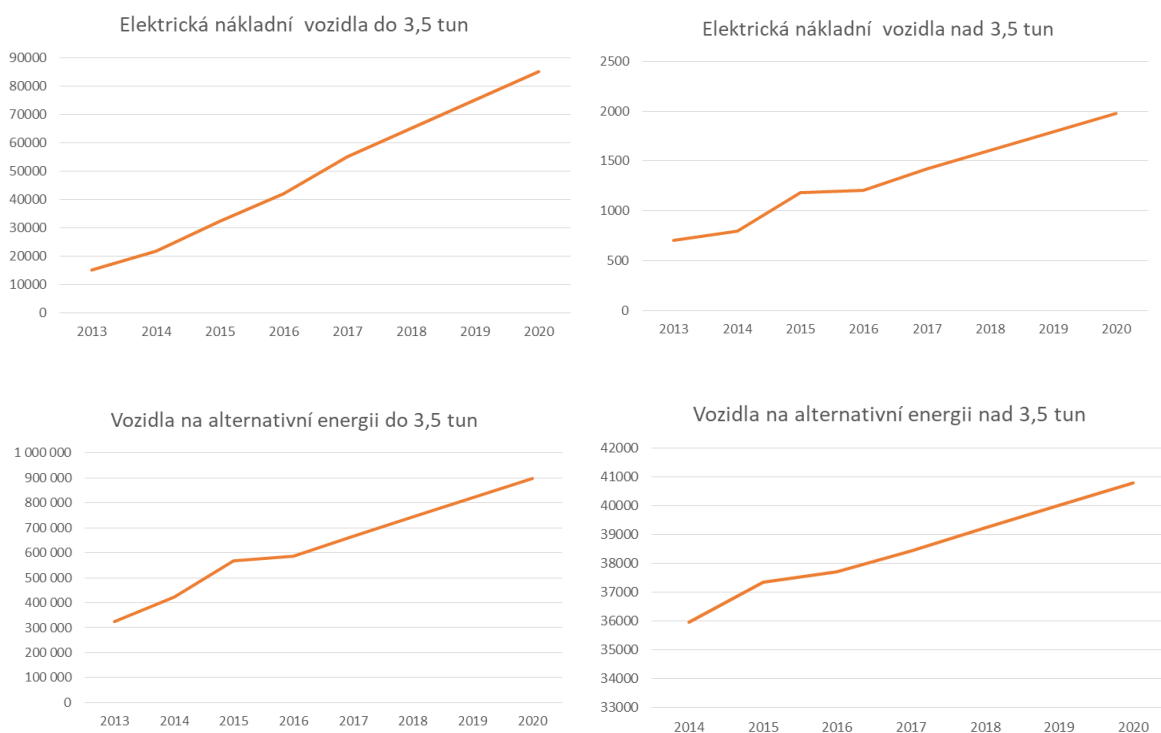
Z dostupných dat statistiky Eurostat vyplývá, že ve sledovaných státech Evropské unie stejně jako v České republice převažuje doprava zboží pomocí nákladních vozidel než silničních tahačů s návěsy. Nejrozšířenější je doprava pomocí nákladních vozidel s hrubou hmotností maximálně 3,5 tuny. Pokud ve sledovaných státech, kde jsou dostupná data, sečteme počet nákladních vozidel bez ohledu na hmotnost a počet silničních tahačů v roce

2017, činí podíl nákladních vozidel na celkovém počtu 94,15%, v roce 2013 to bylo 93,59%.

Podle statistiky Eurostat byly v roce 2017 ve 25 státech, z původně 33 sledovaných států, registrovány silniční tahače s pohonem na alternativní energii. Na celkovém počtu silničních tahačů v těchto státech představovaly tahače s pohonem na alternativní energii 2,08%. Podíl silničních tahačů s pohonem na alternativní energii je podobný jako podíl nákladních vozidel s pohonem na alternativní energii, který činí 2,27%.

Stejně jako v případě nákladních vozidel, bude v případě zachování trendu z let 2013-2017 počet silničních tahačů na alternativní a elektrickou energii v dalších letech narůstat. Předpokládaný nárůst nákladních vozidel v Evropské Unii dle dat Eurostatu naznačuje graf 7. Výraznější nárůst se dá očekávat po zdokonalení baterií, kterými jsou tyto vozidla vybavena.

Graf 7 - Předpokládaný vývoj množství nákladních vozidel



Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019

5 Posouzení udržitelnosti vozidel s elektrickým pohonem v nákladní dopravě - ekonomické a environmentální hledisko – případová studie

Cílem této případové studie bude určit, zda se vyplatí majiteli dopravní firmy pořídit nákladní vozidlo s elektrickým pohonem z ekonomického a environmentálního hlediska.

5.1 Pořizovací náklady

Nejrozšířenějším typem vozidel pro přepravu nákladu jsou dodávky. Jsou plošně využívány poštáky, logistickými firmami, kurýry a řemeslníky. Pohybují se převážně po městech, dělají hodně zastávek a denně většinou nenajedou více než 100 km. Zhruba 30% dopravců ale s dodávkami najede až 175 km. V této kategorii jsem pro porovnání vybral naftovou dodávku Crafter od značky Volkswagen a její elektrickou verzi e-Crafter. E-Crafter nenabízí více variant dodávky a pokud nebudu vybírat příplatkovou výbavu, je jeho cena 1 651 018 Kč bez DPH⁵. Je vybaven motorem o výkonu 100 kW, baterií s kapacitou 35,8 kWh s dojezdem 170 km a objemem zavazadlového prostoru 10,7 m³. Jeho ekvivalent je Crafter skříň 30 s vysokou střechou a výkonem 103 kW, jehož zavazadlový prostorem je o 0,6 m³ větší z důvodu absence baterií v podlaze. Užitečná hmotnost je u klasické verze o 70 kg větší. Cena tohoto modelu je 774 394 Kč bez DPH.⁶ Vyplatí se firmě pořízení elektrického vozu i přes to, že za cenu e-Crafter by si mohla pořídit dvě dodávky se spalovacím motorem? (Volkswagen, 2019, auto.cz, 2019)

⁵ Příloha 5 - Volkswagen e-Crafter skříň 35 100kW

⁶ Příloha 6 - Volkswagen Crafter skříň 30 103 kW

Obrázek 7 - Vlevo e-Crafter, vpravo Crafter



Zdroj: Volkswagen, 2019

Uvažuji, že stát podporuje podnikatele, města a obce v nákupu elektromobilů formou dotací. V roce 2019 bylo možné dostat dotaci ve výši 55% až 75% z rozdílu ceny elektromobilu a jeho obdobného konvenčního vozidla. Budu počítat s dotací 65% pro středně velký podnik. V mém případě bych dostal dotaci ve výši 569 806 Kč (65% z částky 876 624 Kč) a vozidlo pořídil za 1 081 22 Kč. Tím rozdíl v pořizovacích cenách klesne na 306 818 Kč bez daně. (iROZLHAS, 2019)

Podstatnou výhodou elektrických vozidel jsou nízké náklady na servisní úkony. Ve srovnání nebudu uvažovat náklady na servis e-Crafter. Například brzdové destičky se opotřebují méně u elektrické verze než u klasického Crafter díky rekuperaci (menší potřebě brzdít). Na takovýchto položkách velký cenový rozdíl při srovnání daných aut nevznikne a navíc ani není výměna brzdových destiček v servisním balíčku servisu VW. Crafter se spalovacím motorem se může objednat se servisním balíčkem platným 5 let nebo 250 000 km (co nastane dříve) za 60 919,-, ve kterém je výměna všech olejů a filtrů. V dalších výpočtech budu uvažovat nájezd 100 km za den, a proto servisní balíček vyprší po 5 letech a ne po 250 000 km. Cena servisního balíčku se tedy nepromítne do ceny za najetý kilometr, ale sníží uvažovanou rozdílnou pořizovací cenu vozidel na 245 899 Kč.

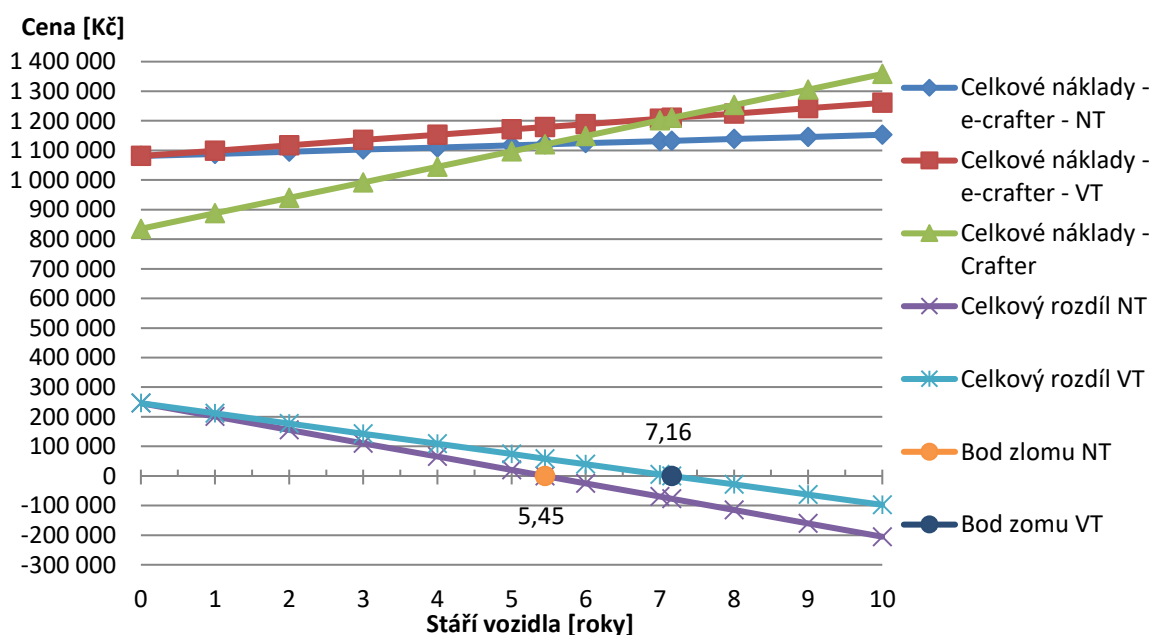
5.2 Provozní náklady

Náklady na provoz plně elektrického vozidla jsou dané především cenou elektřiny, kterou jsou vozidla nabíjena. Pro nabíjení e-Crafter není potřeba instalace dobíjecí stanice. Plné nabití „ze zásuvky“ by mělo trvat něco málo přes 5 hodin. Pro firmu nejvýhodnější variantou je bezesporu nabíjení vozidla přes noc v areálu firmy za využití levnějšího tarifu. Levnější „noční“ tarif C27d pro podnikatele nabízí například společnost ČEZ, u které

jedna kWh stojí 1,327 Kč bez DPH. e-Crafter má kapacitu baterií 35,8 kWh a deklarovaný dojezd 170 km. Jeho spotřeba je tudíž 21,54 kWh/100 km. Při ceně 1,326 Kč za kWh činí cena za jeden ujetý kilometr 0,286 Kč. Oproti tomu Volkswagen uvádí průměrnou spotřebu paliva 7,5 l/100 km u modelu Crafter se spalovacím motorem v již zmiňované konfiguraci. Při průměrné ceně nafty 27,769 Kč bez daně za rok 2019 vychází jeden kilometr na 2,083 Kč. Rozdíl v ceně při provozu těchto dvou dodávek je 1,797 Kč/km. (ČEZ, 2019, Finance.cz, 2019)

V našem případě dodávky denně najedou 100 km. Bod zlomu, kdy dodávka e-Crafter svými nízkými provozními náklady vyváží o 245 899 Kč vyšší pořizovací hodnotu, nastane po 136 831 kilometrech. Pokud budou jezdit pouze v pracovní dny (251 dní v roce), nastane bod zlomu po pěti letech a 114 pracovních dnech, respektive pěti letech a 159 dnech.

Graf 8 - Celkové náklady vozidel Volkswagen Crafter a e-Crafter v průběhu provozu

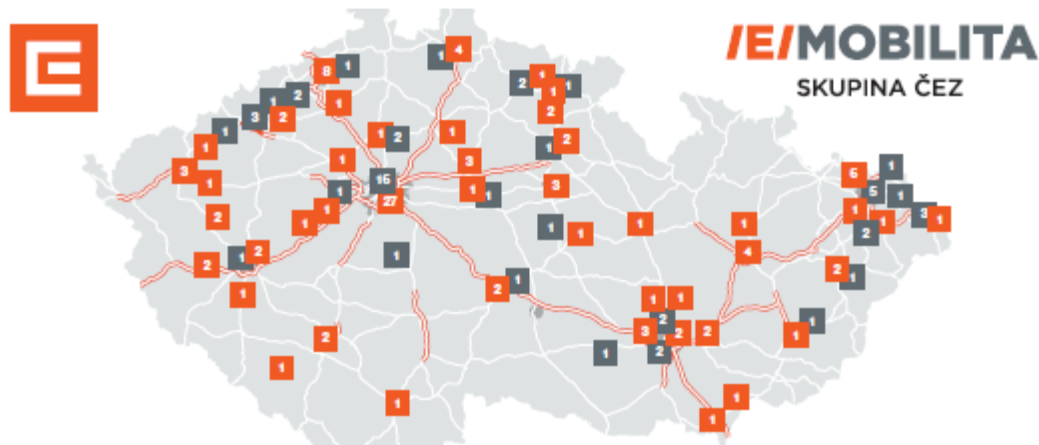


Zdroj: vlastní zpracování, data Volkswagen 2019, ČEZ, 2019

Pokud by nebylo možné dobíjet baterie levnějším proudem přes noc, ale nabíjelo by se elektřinou za 3,317 Kč/kWh (průměrná cena elektřiny pro rok 2019), náklady na pořízení a provoz obou dodávek by se srovnaly po 179 740 kilometrech, tedy po sedmi letech a 41 pracovních dnech. Vůbec nejdražší variantou dobíjení elektromobilu je u rychlonabíjecích stanic. U nabíjecí stanice CCS stačí 45 minut na dobíjení 80% kapacity baterie ale například u rychlonabíječek ČEZ je cena nabíjení 5,25 Kč bez DPH za minutu.

Za 45 minut se dobije 28,64 kWh (80% kapacity) za cenu 236,26 Kč. Při spotřebě 21,54 kWh/100 km je dojezd 133 km. Cena za jeden ujetý kilometr takto nabitým autem vzrostla na 1,776 Kč. Je důležité, aby se stále rozšiřovala infrastruktura nabíječek/rychlónabíječek, ale pokud má být podnikání co nevýnosnější, musí se nabíjení elektromobilů dobře naplánovat a vyhnout se nabíjení drahým proudem.

Obrázek 8 - Dobíjecí stanice skupiny ČEZ



Zdroj: Emobilita ČEZ, 2019

Tabulka 12 - Způsob výpočtů při porovnání vozidel

Porovnání (Ceny jsou uvedené bez DPH)	e-Crafter	Crafter
Cena	1 651 018 Kč	774 394 Kč
Rozdíl ceny	876 624 Kč	
Dotace (65% rozdílu ceny)	569 806 Kč	
Cena servisu (5 let)		60 919 Kč
Rozdíl ceny po dotaci a servisu	245 899 Kč	
Průměrná spotřeba [kWh/100 km; l/100 km]	21,54	7,5
Průměrná cena nafty [Kč/l]		27,769 Kč
ČEZ levnější tarif (C27d) pro podnikatele [Kč/kWh]	1,326 Kč	
Průměrná cena elektřiny [Kč/kWh]	3,317 Kč	
Cena za 1 km - nízký tarif	0,286 Kč	2,083 Kč
Cena za 1km - velký tarif	0,715 Kč	2,083 Kč
Rozdíl ceny za 1km - NT	1,797 Kč	
Rozdíl ceny za 1km - VT	1,368 Kč	
Bod Zlomu - NT	136 831 km	
Bod Zlomu - VT	179 740 km	

Zdroj: vlastní zpracování, Volkswagen, 2019, ČEZ

V grafu Cenového rozdílu Crafter a e-crafter v průběhu provozu je naznačeno, že pokud se bude dodávka e-Crafter dobíjet proudem v nízkém tarifu, firma ročně ušetří 45 107 Kč

oproti provozu dodávky Crafter na naftu a po deseti letech se nejen smaže rozdíl vyšší pořizovací hodnoty, ale firma zároveň ušetří 205 tisíc korun díky nižším provozním nákladům. V tomto výpočtu je zanedbána cena servisu elektrické dodávky po celou dobu provozu a cena servisu dodávka na spalovací motor od pátého roku provozu. Dalo by se říci, že ušetřená částka bude ve skutečnosti ještě vyšší kvůli zvětšujícím se nákladům na údržbu a opravu naftového vozidla oproti opravám elektrické verze v průběhu let.

Ve výpočtech také nejsou zahrnuty ceny za silniční daň, mýtné poplatky nebo poplatky za vjezd a parkování ve městech. Je velmi pravděpodobné, že právě tyto poplatky budou hrát větší a větší roli v ekonomice provozu vozidel v příštích letech a bezesporu budou zvýhodňována ekologická vozidla. V některých centrech měst už teď platí zákaz vjezdu vozidel, která nesplňují přísné emisní limity. Podnikatelé, kteří si chtějí udržet zakázky v těchto místech, jsou nuceni k pořízení nízkoemisních vozidel.

5.3 Emise

Při srovnávání ekologického dopadu pořízení a provozu vozidel Crafter a e-crafter od firmy Volkswagen jsem bohužel musel zanedbat produkci škodlivin při výrobě obou vozidel. Automobilky do dnešního dne nejsou nuceny zveřejňovat výčet škodlivých látek vznikajících při výrobě vozidel. Škodlivé látky vznikají při těžbě potřebných surovin, výrobě dílů, montáži dílů, dopravě dílů do fabriky, provozu fabriky jako takové, ale například i provozem služebních vozidel zaměstnanci fabriky. Všechny takto vzniklé emise se promítnou do každého vyrobeného kusu produktu. Největší rozdíl při produkci elektrického vozidla oproti vozidlu se spalovacím motorem vzniká při výrobě baterií. Proto budu v této případové studii uvažovat pouze emise vyprodukované při výrobě baterií do vozidla e-crafter. Ostatní emise z výroby zanedbám.

Výroba Li-ion baterie

Z průzkumu o výrobě Lithium ion baterie použité v Nissanu Leaf a Chevroletu Volt vyšlo najevo, že k výrobě baterie s kapacitou 24 kWh je potřeba 88,9 GJ energie. 29,9 GJ energie bylo potřeba na těžbu materiálů, ze kterých byla baterie vyrobená, 58,7 GJ na samotnou produkci baterie a 0,3 GJ energie bylo potřeba na finální sestavení baterie. Jednoduchým výpočtem vyjde, že na výrobu baterie s kapacitou 1 kWh je potřeba 3,7 GJ energie ($88,9/24=3,704$). Po převodu GJ na kWh vychází 1028 kWh energie na výrobu baterie s kapacitou 1kWh. Tuto hodnotu budu využívat ve svých výpočtech. (Yuan a kol., 2017)

Evropský elektrický mix

Velký vliv na výrobu a provoz elektrovozidla má způsob výroby elektrické energie spotřebované během tohoto procesu. V tabulce 13 jsou vidět hodnoty elektrické energie používané k výrobě elektrického proudu v kWh podle zdroje v jednotlivých zemích v roce 2016. V tabulce 14 jsou pro větší představu stejné hodnoty uvedené v procentech.

Tabulka 13 - Vyrobená energie v kWh podle zdrojů energie v zemích EU pro rok 2016

Vyrobená energie v kWh podle zdrojů energie v zemích EU pro rok 2016													
	Uhlí	Oil	Plyn	Biopaliva	Odpad	Jaderná	Vodní	Geoterm.	Solární PV	Sol. Term.	Vtr	oceán	Celkem
Belgie	30 691 570	2 209 700	257 139 300	51 230 150	24 771 900	506 172 490	17 317 070	0	35 890 180	0	63 220 680	0	988 643 040
Bulharsko	225 203 320	3 698 340	23 876 390	4 105 390	0	183 474 880	53 125 840	0	16 119 180	0	16 572 750	0	526 176 090
Česko	519 174 830	1 069 960	43 147 300	54 160 910	2 081 770	280 329 520	37 239 260	0	24 783 530	0	5 780 110	0	967 767 190
Dánsko	103 099 950	3 756 490	25 190 580	47 148 020	18 247 470	0	220 970	0	8 652 720	0	148 654 660	0	354 970 860
Estonsko	118 672 520	2 965 650	860 620	10 292 550	1 500 270	0	407 050	0	0	0	6 908 220	0	141 606 880
Finsko	122 219 670	2 326 000	43 472 940	127 976 520	11 025 240	269 850 890	183 742 370	0	197 710	0	35 680 840	0	796 492 180
Francie	122 347 600	29 505 310	405 468 320	57 812 730	53 253 770	4 689 157 850	754 659 070	46 520	94 900 800	0	248 882 000	5 826 630	6 461 860 601
Chorvatsko	30 191 480	802 470	18 445 180	5 012 530	0	0	82 084 540	0	767 580	0	11 792 820	0	149 096 600
Irsko	81 619 340	3 407 590	177 124 900	7 036 150	1 697 980	0	11 315 990	0	46 520	0	71 512 870	0	353 761 340
Itálie	446 626 890	141 083 530	1 467 101 240	198 803 220	57 184 710	0	514 708 910	73 141 070	257 069 520	0	205 723 070	0	3 361 442 160
Kypr	0	51 904 690	0	604 760	0	0	0	0	1 697 980	0	2 628 380	0	56 835 810
Litva	0	0	34 238 720	9 571 490	0	0	29 423 900	0	0	0	1 488 640	0	74 722 750
Lotyšsko	0	2 570 230	11 467 180	4 477 550	1 837 540	0	12 141 720	0	767 580	0	13 211 680	0	46 473 480
Lucembursko	0	0	3 000 540	1 139 740	1 290 930	0	17 770 640	0	1 163 000	0	1 174 630	0	25 539 480
Maďarsko	66 965 540	732 690	75 350 770	21 236 380	5 314 910	186 708 020	3 012 170	0	2 337 630	0	7 954 920	0	369 613 030
Malta	0	8 408 490	0	93 040	0	0	0	0	1 453 750	0	0	0	9 955 280
Německo	3 177 269 480	67 988 980	957 079 220	523 280 220	154 225 430	984 293 420	303 950 050	2 035 250	443 079 740	0	914 094 740	0	7 527 296 531
Nizozemsko	458 408 080	14 874 770	626 612 770	33 715 370	43 182 190	46 054 800	1 163 000	0	18 142 800	0	95 017 100	0	1 337 170 880
Polsko	1 546 010 790	26 772 260	91 074 530	92 377 090	2 616 750	0	30 493 860	0	1 442 120	0	146 398 440	0	1 937 185 840
Portugalsko	146 886 900	15 119 000	146 328 660	32 168 580	7 268 750	0	196 651 670	2 000 360	9 559 860	0	145 072 620	0	701 056 400
Rakousko	46 124 580	11 548 590	99 913 330	50 381 160	14 002 520	0	499 147 970	0	12 746 480	0	60 883 050	0	794 747 680
Rumunsko	185 859 030	8 187 520	112 287 650	6 175 530	0	131 256 180	215 573 680	0	21 166 600	0	76 641 700	0	757 147 890
Recko	219 609 290	64 720 950	172 914 840	3 186 620	2 407 410	0	64 720 950	0	45 705 900	0	59 847 980	0	633 113 940
Slovensko	38 006 840	5 466 100	17 724 120	19 829 150	558 240	171 821 620	53 567 780	0	6 198 790	0	69 780	0	313 242 420
Slovinsko	58 266 300	127 930	4 884 600	3 268 030	93 040	66 465 450	55 614 660	0	3 105 210	0	69 780	0	191 895 000
UK	366 124 030	21 387 570	1 667 300 060	317 533 890	87 759 980	834 173 380	97 157 020	0	121 196 230	0	434 578 210	0	3 947 210 370
Španělsko	435 578 390	196 791 230	614 296 600	57 615 020	17 096 100	681 901 790	463 629 950	0	93 854 100	64 883 770	568 776 780	0	3 194 423 730
Švédsko	12 223 130	4 628 740	7 245 490	114 043 780	38 053 360	733 864 630	722 653 310	0	1 663 090	0	180 020 770	0	1 814 396 300

Zdroj: The International Energy Agency, 2019

Tabulka 14 - Vyrobená energie v % podle zdrojů energie v zemích EU pro rok 2016

Vyrobená energie v % podle zdrojů energie v zemích EU pro rok 2016												
	Uhlí	Olej	Plyn	Biopaliva	Odpad	Jaderná	Vodní	Geoterm.	Solární PV	Sol. Term.	Vítr	oceán
Belgie	3	0	26	5	3	51	2	0	4	0	6	0
Bulharsko	43	1	5	1	0	35	10	0	3	0	3	0
Česko	54	0	4	6	0	29	4	0	3	0	1	0
Dánsko	29	1	7	13	5	0	0	0	2	0	42	0
Estonsko	84	2	1	7	1	0	0	0	0	0	5	0
Finsko	15	0	5	16	1	34	23	0	0	0	4	0
Francie	2	0	6	1	1	73	12	0	1	0	4	0
Chorvatsko	20	1	12	3	0	0	55	0	1	0	8	0
Irsko	23	1	50	2	0	0	3	0	0	0	20	0
Itálie	13	4	44	6	2	0	15	2	8	0	6	0
Kypř	0	91	0	1	0	0	0	0	3	0	5	0
Litva	0	0	46	13	0	0	39	0	0	0	2	0
Lotyšsko	0	6	25	10	4	0	26	0	2	0	28	0
Lucembursko	0	0	12	4	5	0	70	0	5	0	5	0
Maďarsko	18	0	20	6	1	51	1	0	1	0	2	0
Malta	0	84	0	1	0	0	0	0	15	0	0	0
Německo	42	1	13	7	2	13	4	0	6	0	12	0
Nizozemsko	34	1	47	3	3	3	0	0	1	0	7	0
Polsko	80	1	5	5	0	0	2	0	0	0	8	0
Portugalsko	21	2	21	5	1	0	28	0	1	0	21	0
Rakousko	6	1	13	6	2	0	63	0	2	0	8	0
Rumunsko	25	1	15	1	0	17	28	0	3	0	10	0
Řecko	35	10	27	1	0	0	10	0	7	0	9	0
Slovensko	12	2	6	6	0	55	17	0	2	0	0	0
Slovinsko	30	0	3	2	0	35	29	0	2	0	0	0
UK	9	1	42	8	2	21	2	0	3	0	11	0
Španělsko	14	6	19	2	1	21	15	0	3	2	18	0
Švédsko	1	0	0	6	2	40	40	0	0	0	10	0

Zdroj: The International Energy Agency, 2019

Pro výpočet hodnoty vyprodukovaných CO₂ z každého vyrobeného kWh elektřiny v dané zemi jsem nadále počítal s produkcí CO₂ podle typu elektrárny (spalovaného paliva). Hodnoty jsou v tabulce 15. Výslednou hodnotu vyprodukovaných CO₂ podle typu paliva v elektrárnách jsem získal vynásobením vyprodukované energie podle paliva s vyprodukovaným množstvím CO₂ v příslušné elektrárně. Sečetl jsem získané hodnoty za všech paliv a vydělil množstvím vyrobené elektřiny v kWh v dané zemi. Například v ČR bylo vyrobeno 519 174 830 kWh energie spálením uhlí. Uhelná elektrárna při výrobě 1kWh vypustí do ovzduší 1015 gramů CO₂ (519 174 830*1015=526 962 452 450). Při výrobě elektřiny v uhelných elektrárnách v Česku se v roce 2016 do ovzduší vypustilo 526 962 452 450 gramů CO₂. Sečetl jsem získané hodnoty všech paliv, vydělil celkem vyrobených kWh v ČR (556 902 177 885/967 767 190) a vyšlo **575 CO₂/kWh**.

Tabulka 15 – Emise CO2 (g/kWh) podle typu elektrárny

Typ elektrárny	Emise CO2 (g/kWh)
Uhelná	1015
Ropa	720
Zemní plyn	460
Geotermální	103
Solární energie	65
Ceán	30
Jádro	25
Voda	17
Vítr	12

Zdroj: Světmobilne.cz, 2019

Počítám s nulovými emisemi při pálení biopaliv a odpadu. Rostliny, které jsou posléze pálené jako biopalivo, nebo odpad při svém růstu odbourávají CO2 v množství srovnatelném při jejich spálení. Neuvažuji nepoměr mezi dobou spálení a dobou růstu a ani to, že místo polí s rostlinami využitými pro spalování mohou růst lesy, které CO2 přirozeně odbourávají také. (Biom.cz, 2019)

Tabulka 16 - Produkce kg CO2 při výrobě energie podle zdrojů v zemích EU v roce 2016

Výroba energie podle druhu paliva v zemích EU														Celkem	
	Uhlí	Oil	Plyn	Biopaliva	Odpad	Jaderná	Vodní	Geoterm.	Solární PV	Sol. Term.	Vítr	oceán	Celkem	Celkem MWh	CO2/kWh
Belgie	31 151 944	1 590 984	118 284 078	0	0	12 654 312	294 390	0	2 332 862	0	758 648	0	167 067 218	988 643	169
Bulharsko	228 581 370	2 662 805	10 983 139	0	0	4 586 872	903 139	0	1 047 747	0	198 873	0	248 963 945	526 176	473
Česko	526 962 452	770 371	19 847 758	0	0	7 008 238	633 067	0	1 610 929	0	69 361	0	556 902 178	967 767	575
Dánsko	104 646 449	2 704 673	11 587 667	0	0	0	3 756	0	562 427	0	1 783 856	0	121 288 828	354 971	342
Estonsko	120 452 608	2 135 268	395 885	0	0	0	6 920	0	0	0	82 899	0	123 073 579	141 607	869
Finsko	124 052 965	1 674 720	19 997 552	0	0	6 746 272	3 123 620	0	12 851	0	428 170	0	156 036 151	796 492	196
Francie	124 182 814	21 243 823	186 515 427	0	0	117 228 946	12 829 204	4 768	6 168 552	0	2 986 584	174 799	471 334 918	6 461 861	73
Chorvatsko	30 644 352	577 778	8 484 783	0	0	0	1 395 437	0	49 893	0	141 514	0	41 293 757	149 097	277
Irsko	82 843 630	2 453 465	81 477 454	0	0	0	192 372	0	3 024	0	858 154	0	167 828 096	353 761	474
Itálie	453 326 293	101 580 142	674 866 570	0	0	0	8 750 051	7 496 960	16 709 519	0	2 468 677	0	1 265 198 212	3 361 442	376
Kypř	0	37 371 377	0	0	0	0	0	0	110 369	0	31 541	0	37 513 286	56 836	660
Litva	0	15 749 811	0	0	0	0	500 206	0	0	0	17 864	0	16 267 881	74 723	218
Lotyšsko	0	1 850 566	5 274 903	0	0	0	206 409	0	49 893	0	158 540	0	7 540 311	46 473	162
Luxembursko	0	0	1 380 248	0	0	0	302 101	0	75 595	0	14 096	0	1 772 048	25 539	69
Maďarsko	67 970 023	527 537	34 661 354	0	0	4 667 701	51 207	0	151 946	0	95 459	0	108 125 226	369 613	293
Malta	0	6 054 113	0	0	0	0	0	0	94 494	0	0	0	6 148 607	9 955	618
Německo	3 224 928 522	48 952 066	440 256 441	0	0	24 607 336	5 167 151	208 613	28 800 183	0	10 969 137	0	3 783 889 449	7 527 297	503
Nizozemsko	465 284 201	10 709 834	288 241 874	0	0	1 151 370	19 771	0	1 179 282	0	1 140 205	0	767 726 538	1 337 171	574
Polsko	1 569 200 952	19 276 027	41 894 284	0	0	0	518 396	0	93 738	0	1 756 781	0	1 632 740 178	1 937 186	843
Portugalsko	149 090 204	10 885 680	67 311 184	0	0	0	3 343 078	205 037	621 391	0	1 740 871	0	233 197 445	701 056	333
Rakousko	46 816 449	8 314 985	45 960 132	0	0	0	8 485 515	0	828 521	0	730 597	0	111 136 199	794 748	140
Rumunsko	188 646 915	5 895 014	51 652 319	0	0	3 281 405	3 664 753	0	1 375 829	0	919 700	0	255 435 935	757 148	337
Řecko	222 903 429	46 599 084	79 540 826	0	0	0	1 100 256	0	2 970 884	0	718 176	0	353 832 655	633 114	559
Slovensko	38 576 943	3 935 592	8 153 095	0	0	4 295 541	910 652	0	402 921	0	837	0	56 275 581	313 242	180
Slovinsko	59 140 295	92 110	2 246 916	0	0	1 661 636	945 449	0	201 839	0	837	0	64 289 082	191 895	335
UK	371 615 890	15 399 050	766 958 028	0	0	20 854 335	1 651 669	0	7 877 755	0	5 214 939	0	1 189 571 666	3 947 210	301
Španělsko	442 112 066	141 689 686	282 576 436	0	0	17 047 545	7 881 709	0	6 100 517	4 217 445	6 825 321	0	908 450 724	3 194 424	284
Švédsko	12 406 477	3 332 693	3 332 925	0	0	18 346 616	12 285 106	0	108 101	0	2 160 249	0	51 972 167	1 814 396	29

Zdroj: vlastní zpracování, The International Energy Agency, 2019

Tabulka 17 - Produkce CO₂/kWh podle zemí EU

Stát	Celkem kg CO ₂	Celkem MWh	CO ₂ /kWh
Belgie	167 067 218	988 643	169
Bulharsko	248 963 945	526 176	473
Česko	556 902 178	967 767	575
Dánsko	121 288 828	354 971	342
Estonsko	123 073 579	141 607	869
Finsko	156 036 151	796 492	196
Francie	471 334 918	6 461 861	73
Chorvatsko	41 293 757	149 097	277
Irsko	167 828 099	353 761	474
Itálie	1 265 198 212	3 361 442	376
Kypr	37 513 286	56 836	660
Litva	16 267 881	74 723	218
Lotyšsko	7 540 311	46 473	162
Lucembursko	1 772 040	25 539	69
Maďarsko	108 125 226	369 613	293
Malta	6 148 607	9 955	618
Německo	3 783 889 449	7 527 297	503
Nizozemsko	767 726 538	1 337 171	574
Polsko	1 632 740 178	1 937 186	843
Portugalsko	233 197 445	701 056	333
Rakousko	111 136 199	794 748	140
Rumunsko	255 435 935	757 148	337
Řecko	353 832 655	633 114	559
Slovensko	56 275 581	313 242	180
Slovinsko	64 289 082	191 895	335
UK	1 189 571 666	3 947 210	301
Španělsko	908 450 724	3 194 424	284
Švédsko	51 972 167	1 814 396	29
EU	12 904 871 855	37 833 844	367

Zdroj: vlastní zpracování, The International Energy Agency, 2019

Hodnoty produkce CO₂/kWh jsou pro lepší přehlednost znovu uvedeny v tabulce 17. Tyto hodnoty odpovídají vyprodukované elektřině v elektrárnách. V našem případě počítáme s elektrickou energií odebranou ze zásuvky. Při transportu energie v přenosové soustavě se určité množství energie ztratí. V různých zemích bude množství ztracené energie v těchto soustavách odlišné. V roce 2013 se v přenosových soustavách v České republice ztratilo asi 4,8% energie. V Evropě to bylo asi 6,5%. Pro nezkreslené výpočty produkce emisí dodávky e-crafter využijí ověřené hodnoty produkce CO₂/kWh v různých zemích (viz

tabulka 18) vyexportované z programu PRé Consultants. SimaPro 8.0.4 Ecoinvent inventory database v.3. Amersfoort, Netherlands: Simapro software, 2013. Program pracuje s hodnotami elektrické energie dodané do zásuvek domácností a firem za rok 2015.

Tabulka 18 - Hodnoty CO₂/kWh podle SimaPro 8.0.4

Země	CO ₂ [g/kWh]
ČR	711
Dánsko	303
Finsko	222
Francie	100
Německo	584
Polsko	947
Švédsko	45
Evropská Unie	459
Čína	1000

Zdroj: Svetmobilne.cz, 2019

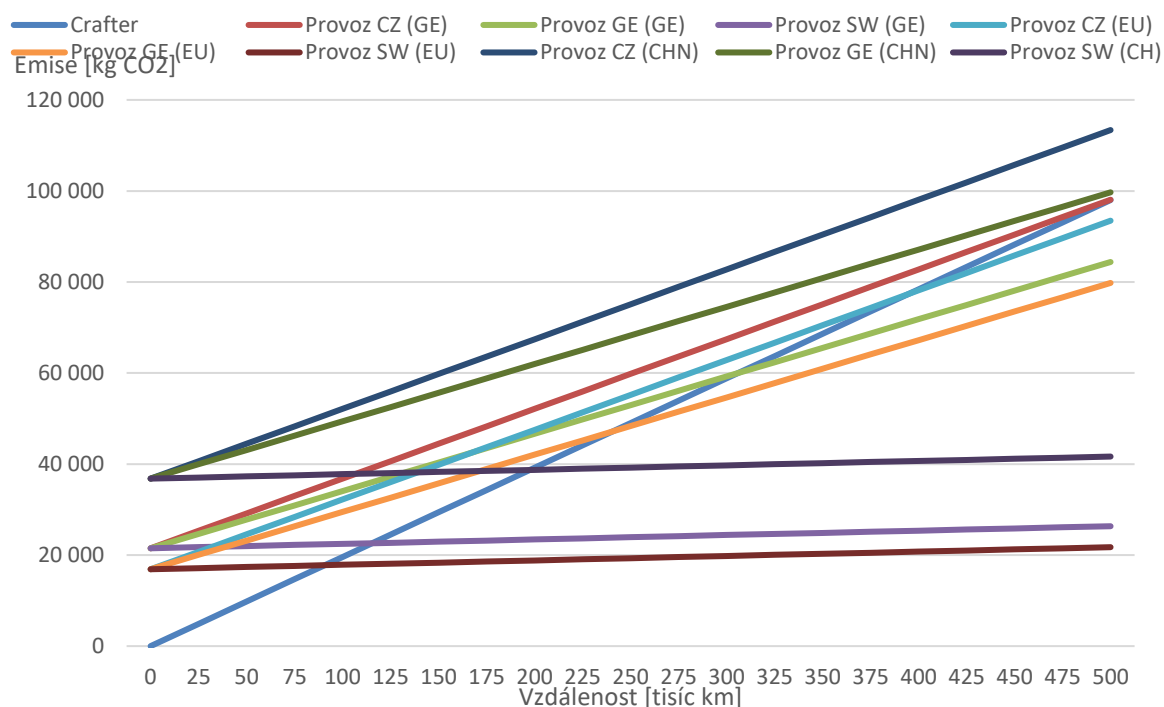
e-crafter produkce emisí

Baterie ve vozidle e-crafter mají kapacitu 35,8 kWh. Když tuto kapacitu vynásobím 1028 kWh, potřebnými pro výrobu baterie s kapacitou 1 kWh, vyjde, že se pro výrobu baterie dodávky e-crafter spotřebuje 36 802 kWh energie. V příkladu budu uvažovat, že se baterie vyrobí v Německu (lokální dodavatel firmy Volkswagen) a tudíž podle tabulky 18 беру hodnotu 584 CO₂ vyprodukovaných na kWh energie dodané do továrny na baterie. Při výrobě baterie se tedy vypustí 21 492 kg CO₂. Tuto hodnotu emisí vyprodukovala továrna na výrobu baterií společně s dodavatelem surovin pro výrobu baterií a elektrárnami, které do továrny dodávají proud. Samotné používání vozidla e-crafter by mohlo být bezemisní pouze v tom případě, že by elektrická energie použitá k nabíjení byla z obnovitelných zdrojů. Vzhledem k tomu, že v tomto příkladu bude vozidlo nabíjené přes noc v areálu firmy ze zásuvky, do které dodává elektrickou energii některý z dodavatelů a není produkována například solárními panely na střeše, musíme brát v potaz český národní mix energií. Podle údajů z roku 2016 se v České republice 54% energie získalo ze spalování uhlí v uhelných elektrárnách. Z Českého národního mixu vyplývá, že na výrobu jedné kWh vyprodukují české elektrárny 711 gramů CO₂. Pouhým vynásobením s průměrnou spotřebou 21,54 kWh/100 km vznikne produkce 15 315 CO₂/100 km. Vozidlo e-crafter tedy vyprodukuje 153,15 CO₂/km.

Porovnání emisí CO₂

Dodávka Crafter podle firmy Volkswagen vyprodukuje 196 CO₂/km. Vozidlo se spalovacím motorem tedy vyprodukuje o 42,85 gramů CO₂ na jeden kilometr více, než vozidlo na elektrickou energii. V níže uvedeném grafu jsem porovnal produkci CO₂ u obou vozidel se započítáním hodnoty 21 492 kg CO₂ vzniklého při výrobě baterie elektrické verze. Právě fakt, že při výrobě baterie do elektrického vozidla se vyprodukuje mnoho škodlivin je jedním z argumentů odpůrců elektromobility. Ke srovnání počátečního rozdílu daného výrobou baterie dojde po 501 570 kilometrech, tedy po necelých 20 letech při nájezdu dodávky 100 km denně 251 dní v roce. Srovnání ukazuje tabulka 19. a graf 8. Ve srovnání jsem počítal s variantou výroby baterií (údaj v závorce) v Německu (GE), Evropské Unii (EU) a Číně (CHN). Vozidla jsou provozována buď v České republice, v Německu, nebo ve Švédsku.

Graf 9 - Vyprodukované emise CO₂ Volkswagen Crafter a e-Crafter v průběhu provozu



Zdroj: Volkswagen, 2019, Svetmobilne.cz, 2019

Tabulka 19 - Porovnání emisí CO₂ vozidel crafter a e-crafter v různých podmínkách

Porovnání emisí [kg CO2]	Baterie z Německa			Baterie z Evropské Unie			Baterie z Číny			Crafter
	Provoz			Provoz			Provoz			
	Česko	Německo	Švédsko	Česko	Německo	Švédsko	Česko	Německo	Švédsko	
Tisíce kilometrů	e-Crafter	e-Crafter	e-Crafter	e-Crafter	e-Crafter	e-Crafter	e-Crafter	e-Crafter	e-Crafter	
0	21 493	21 493	21 493	16 892	16 892	16 892	36 802	36 802	36 802	0
25	25 321	24 637	21 735	20 721	20 037	17 135	40 631	39 947	37 045	4 900
50	29 150	27 782	21 977	24 550	23 182	17 377	44 460	43 092	37 287	9 800
75	32 979	30 927	22 220	28 379	26 327	17 619	48 289	46 237	37 529	14 700
100	36 808	34 072	22 462	32 207	29 472	17 862	52 117	49 382	37 772	19 600
125	40 636	37 217	22 704	36 036	32 617	18 104	55 946	52 527	38 014	24 500
150	44 465	40 362	22 947	39 865	35 761	18 346	59 775	55 671	38 256	29 400
175	48 294	43 506	23 189	43 693	38 906	18 589	63 604	58 816	38 499	34 300
200	52 122	46 651	23 431	47 522	42 051	18 831	67 432	61 961	38 741	39 200
225	55 951	49 796	23 674	51 351	45 196	19 073	71 261	65 106	38 983	44 100
250	59 780	52 941	23 916	55 180	48 341	19 316	75 090	68 251	39 226	49 000
275	63 609	56 086	24 158	59 008	51 486	19 558	78 918	71 396	39 468	53 900
300	67 437	59 231	24 401	62 837	54 630	19 800	82 747	74 540	39 710	58 800
325	71 266	62 376	24 643	66 666	57 775	20 043	86 576	77 685	39 953	63 700
350	75 095	65 520	24 885	70 495	60 920	20 285	90 405	80 830	40 195	68 600
375	78 924	68 665	25 127	74 323	64 065	20 527	94 233	83 975	40 437	73 500
400	82 752	71 810	25 370	78 152	67 210	20 770	98 062	87 120	40 680	78 400
425	86 581	74 955	25 612	81 981	70 355	21 012	101 891	90 265	40 922	83 300
450	90 410	78 100	25 854	85 810	73 499	21 254	105 720	93 410	41 164	88 200
475	94 239	81 245	26 097	89 638	76 644	21 496	109 548	96 554	41 407	93 100
500	98 067	84 389	26 339	93 467	79 789	21 739	113 377	99 699	41 649	98 000
Srovnání po (tis. km)	502	306	115	394	241	91	859	524	198	

Zdroj: Volkswagen, 2019, Svetmobilne.cz, 2019

Srovnání ukazuje, že výroba samotné baterie elektrovozidla vyprodukuje nezanedbatelné množství CO₂. Mnohem větší rozdíly jsou ale vidět u vyprodukovaných emisí CO₂ v závislosti na tom, v jaké zemi se vozidlo pohybuje. Konkrétně na tom, jakou skladbu zdrojů má daná země při výrobě elektřiny. Nejlépe z tohoto srovnání vychází Švédsko, kde se pouhé 1% energie vyprodukuje spalováním uhlí. V posledním řádku tabulky je znázorněno, po kolika tisících kilometrech dojde ke srovnání emisí CO₂.

Ve srovnání nebyla zahrnuta výměna baterií. Výrobci baterií zpravidla garantují různé doby životnosti jejich baterií. Dá se ale předpokládat, že 500 000 kilometrů nezvládne najezdit žádná z nich a bude tedy potřeba vyměnit.

5.3.1 Produkce emisí vozidla na spalovací motor

Kromě emisí CO₂ spalovací motory produkují také další škodlivé látky. Patří mezi ně Oxid uhelnatý, nespálené uhlovodíky, oxidy dusíku, oxid siřičitý a saze. Oxid uhelnatý (CO) je takzvaný tichý zabiják. Je bezbarvý, bez zápachu a nedráždí. Má podobnou hustotu jako

vzduch, takže zůstává v místě vzniku. Nespálené uhlovodíky jsou nejjedovatější součástí spalin pocházejících z výfuků vozidel. Mohou za tvorbu smogu a ozónu O₃. Patří mezi ně například alkany, methan a ethan. Mezi oxid dusíku patří hlavně oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO₂). NO se ve vzduchu váže s kyslíkem a vzniká NO₂. Oxid dusičitý je jedovatý oranžově zbarvený plyn, který se váže na hemoglobin v krvi. Přispívá k tvorbě ozonu. Oxid siřičitý může za tvorbu kyselých dešťů a smogu. Negativně působí na lidskou imunitu. Saze jsou karcinogenní a dráždivé nespálené zbytky paliva. (tipcars.com, 2019)

Volvo Trucks zveřejnilo studii svých nákladních vozidel, ve které jsou uvedené vyprodukované hodnoty emisí při spálení jednoho litru nafty. Pro emisní normu Euro 6 jsou to následující hodnoty.

Tabulka 20 - Naměřené hodnoty emisí motorů Euro 6

NO _x g/l	PM g/l	HC g/l	CO g/l
0,9	0,01	0,06	0,13

Zdroj: Volvotrucks.com, 2019

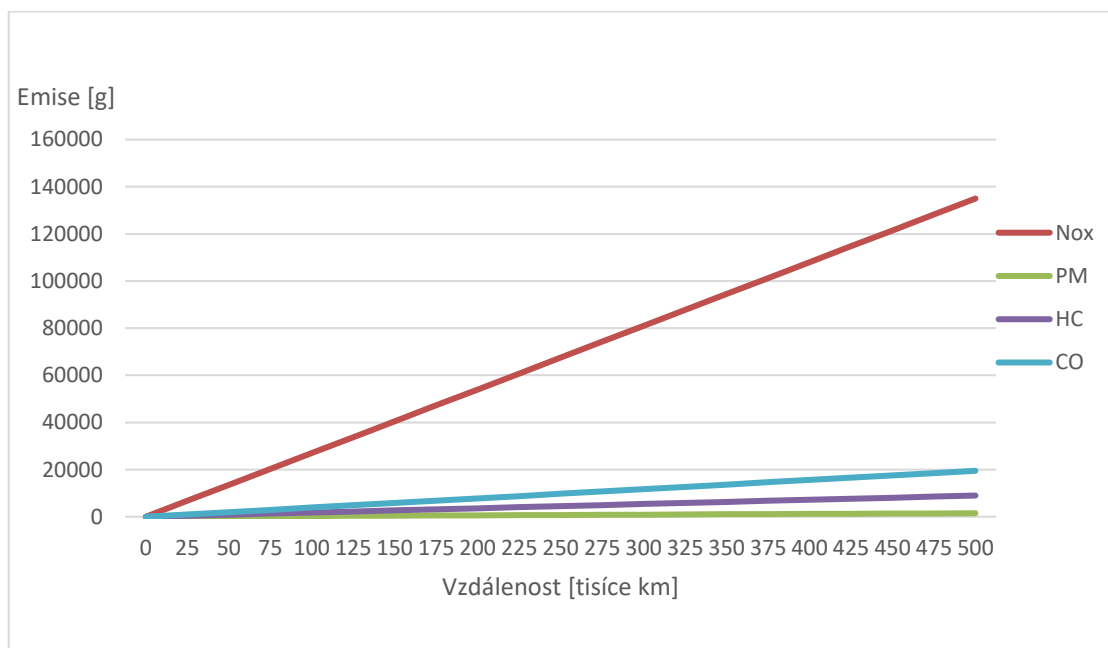
Pokud tyto hodnoty vynásobím spotřebou vozidla na jeden kilometr, získám hodnotu emisí, které vozidlo při jízdě vypouští. Například vozidlo se spotřebou 0,3 l/km (30 l/100 km) produkuje emise uvedené v tabulce 21.

Tabulka 21 - Volkswagen Crafter produkce emisí

NO _x g/km	PM g/km	HC g/km	CO g/km
0,27	0,003	0,018	0,039

Zdroj: Vlastní zpracování, Volvotrucks.com, 2019

Graf 10 - Produkce emisí při spotřebě 30 l/100 km



Zdroj: Vlastní zpracování, Volvotrucks.com, 2019

6 Závěr

Ve studii jsem poukázal na rozdíl nákladního elektrického vozidla a nákladního vozidla se spalovacím motorem z ekonomického i environmentálního hlediska. Pokud by rozšíření hybridních a elektrických vozidel mělo být vázané pouze na finanční stránku věci, v současné době nevidím velké výhody v pořízení elektrovozidel. Vyšší provozní náklady u elektrického vozidla se vrátí až za poměrně dlouhou dobu a pořízení elektrického vozu dává prakticky smysl pouze v případě obdržení státní dotace. Situace se samozřejmě změní, až budou vynalezeny baterie, které budou lehčí, menší, levnější, budou se rychleji nabíjet a vydrží více nabíjecích/vybíjecích cyklů. To otevře velké pole využitelnosti i v dálkové dopravě, kde čistě elektrická nákladní vozidla a tahače zatím nemohou soupeřit s konvenčními. U dálkové dopravy se mi v současné době zdají elektrifikované dálnice jako nejlepší řešení zapojení elektřiny do pohonu nákladních vozidel. Z environmentálního hlediska z mé případové studie vyšlo, že elektrická vozidla provozovaná v České republice by musela ujet stovky tisíc kilometrů, aby došlo ke srovnání emisí CO₂ vyprodukovaných výrobou baterie. Do výpočtů nebyla zahrnuta životnost baterií. V mém případě jsem nepočítal s její výměnou. Pokud bych bral v potaz životnost baterie 300 000 kilometrů, k srovnání vyprodukovaného množství CO₂ by nikdy nedošlo (viz tabulka 19 poslední řádek). Je to především důsledek neekologického způsobu výroby elektřiny. Například ve Švédsku by došlo ke srovnání vyprodukovaných emisí CO₂ čtyřikrát rychleji než v ČR. Vozidlo s elektrickým pohonem ale oproti vozidlu s konvenčním motorem nevypouští kromě CO₂ další nebezpečné látky. Vývoj spalovacích motorů pomalu dosahuje svého maxima, na rozdíl od elektromotorů a akumulátorů energie, které mají svůj vývoj před sebou. I když jsou na Zemi větší znečišťovatelé, než nákladní doprava, myslím, že má smysl, aby se této problematice věnovala pozornost. Pořízení elektrických a hybridních nákladních vozidel může zmírnit znečišťování planety, ale je potřeba se soustředit na zdroje elektrické energie. Aby se maximálně využil potenciál této technologie, musí se elektřina získávat z ekologických a obnovitelných zdrojů.

7 Seznam použitých zdrojů

7.1 Literární zdroje

KAMEŠ, J. *Alternativní pohony automobilů*. Praha: BEN, 2004. ISBN 80-7300-127-6.

KAMEŠ, J. *Hybridní a elektrické pohony automobilů*. 2. Vydání. Praha, 2015.

ROMARE, Mia, DAHLLÖF, Lisbeth. *The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries and Batteries for light-duty vehicles*. 2017. ISBN 9789188319609.

BEKTAŞ, Tolga. *Freight transport and distribution: concepts and optimisation models*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2017]. ISBN 978-1-4822-5870-7.

RAMADHAS, Arumugam S. *Alternative fuels for transportation*. Boca Raton: CRC Press, c2011. Mechanical engineering series. ISBN 978-1-4398-1957-9.

7.2 Internetové zdroje

Amnesty International 2016 [online]. [cit. 2019-09-01]. Dostupné z: <<https://www.amnesty.org/en/documents/afr62/3183/2016/en/>>.

Auto.cz. *Jízdní dojmy s VW e-Crafter: Tady jsou baterky na správném místě!* [online]. [cit. 2019-08-28]. Dostupné z: <<https://www.auto.cz/jizdni-dojmy-s-vw-e-crafter-tady-jsou-baterky-na-spravnem-miste-124578>>.

Auto.cz. *Scania: První elektrifikovaná cesta otevřena ve Švédsku* [online]. [cit. 2019-08-29]. Dostupné z: <<https://www.auto.cz/scania-prvni-elektrifikovana-cesta-otevrena-ve-svedsku-video-96110>>.

Autolexicon.net *Emisní norma EURO* [online]. [cit. 2019-09-05]. Dostupné z <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>>.

BEŠTA, M. *Stejnoseměrný stroj* [online]. [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <<http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T4-Stejnosem%C4%9Brn%C3%BD-stroj.pdf>>.

Biom.cz *Emise při spalování biomasy* [online]. [cit. 2019-09-07]. Dostupné Z: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/emise-pri-spalovani-biomasy-2>>.

Český rozhlas. *Elektrické kamiony zatím brzdí třítunové baterie, tahače hledají cestu i pod troleje* [online]. [cit. 2019-08-31]. Dostupné z: <<https://plus.rozhlas.cz/elektricke-kamiony-zatim-brzdi-tritunove-baterie-tahace-hledaji-cestu-i-pod-6508643>>.

Česká televize. *Vědci přišli na to, jak účinně recyklovat baterie elektromobilů* [online]. [cit. 2019-09-05]. Dostupné z: <<https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2796506-vedci-prisli-na-jak-ucinne-recyklovat-baterie-elektromobilu>>.

ČEZ. *Ceník* [online]. [cit. 2019-09-03]. Dostupné z: <<https://www.cez.cz/firmy/cs/elektrina/elektrina-na-1-rok/cenik.html>>.

ElektrickeVozy.cz. *Jak ekologické jsou elektromobily? Možná budete překvapeni.* [online]. [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <<https://elektrickevozy.cz/clanky/jak-ekologicke-jsou-elektromobily-mozna-budete-prekvapeni>>.

Elektřina.cz. *Tiché jízdy odzvonilo. Nové elektromobily musí v EU povinně vydávat zvuk* [online]. [cit. 2019-09-03]. Dostupné z: <<https://www.elektrina.cz/elektromobily-povinny-zvuk-v-eu-system-avas>>.

Emobilita ČEZ. *Veřejné dobíjecí stanice ČEZ* [online]. [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <<http://www.elektromobilita.cz/cs/dobijeni-na-cestach.html>>.

EnergyWeb. *Účinnost* [online]. [cit. 2019-08-29]. Dostupné z: <http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=2&slovník_page=ucinnost.html>.

European Commission. *Statistical pocketbook 2018 - EU transport in figures* [online]. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2018_en>.

European Environment Agency. *Share of transport greenhouse gas emissions* [online]. [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-transport-ghg-emissions-1#tab-chart_1>.

EUROSTAT - ITF - UNECE. *Glossary for Transport Statistics* [online]. [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/rail_if_esms_an1.pdf>.

EUROSTAT. *Transport database* [online]. [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <<https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database>>.

Evropský účetní dvůr. *Na cestě k úspěšnému odvětví dopravy v EU: výzvy k řešení* [online]. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <<http://publications.europa.eu/webpub/eca/landscape-review-transport/cs/>>.

Fdrive.cz. *Jak dlouho vydrží baterie v hybridních autech? Klidně i přes 10 let, říká Toyota* [online]. [cit. 2019-09-04]. Dostupné z: <<https://fdrive.cz/clanky/jak-dlouho-vydrzi-baterie-v-hybridnich-autech-klidne-i-pres-10-let-rika-toyota-2689>>.

FINANCE.cz. *Cestovní náhrady - průměrné ceny pohonných hmot 2019* [online]. [cit. 2019-09-01]. Dostupné z: <<https://www.finance.cz/dane-a-mzda/mzda/cestovni-nahrady/prumerne-ceny-phm/>>.

iROZHLAS. *Stát nabízí další dotace na nákup elektromobilů. Pro podnikatele má připravených 200 milionů* [online]. [cit. 2019-09-03]. Dostupné z: <https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/stat-dotace-eu-fondy-unie-elektromobily-nakup-podnikatele_1812150816_lac>.

KOPECKÝ, Ladislav. *Reluktanční motor a elektromobil* [online]. [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <<http://free-energy.xf.cz/inventions/srm.pdf>>.

Ministerstvo dopravy. *Ročenka dopravy České republiky 2017* [online]. [cit. 2019-07-20]. Dostupné z: <https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2017.pdf>.

NOVÁK, Ivo. Emotor.cz. *ICT v učivu elektromotorů na SŠ. Asynchronní elektromotor třířázový* [online]. [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: <<http://www.emotor.cz/asynchronni-elektromotor-trifazovy.htm>>.

NOVÁK, Ivo. Emotor.cz. *ICT v učivu elektromotorů na SŠ. Synchronní elektromotor třířázový* [online]. [cit. 2019-07-28]. Dostupné z: <<http://www.emotor.cz/synchronni-elektromotor-trifazovy.htm>>.

Oenergetice.cz *Recyklace lithium-ion baterií - úvod* [online]. [cit. 2019-09-05]. Dostupné z: <<https://oenergetice.cz/akumulace-energie/recyklace-lithium-ion-baterii-uvod/>>.

Poslanecká sněmovna parlamentu České republiky. *Vyhláška č. 309/2016 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku* [online]. [cit. 2019-08-25]. Dostupné z: <<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=309&r=2016>>.

SKEŘIL, Robert. *Blog o ovzduší v Brně a Jihomoravském kraji. Odkud se částice v ovzduší berou?* [online]. [cit. 2019-08-30]. Dostupné z: <<http://www.ovzdusi-brno-jm.cz/index.php/2017/07/20/odkud-se-castice-v-ovzdusi-berou/>>.

Scetmobilne.cz *Emise CO2 u elektromobilů: Tesla horší než BMW?* [online]. [cit. 2019-09-07]. Dostupné z: <<https://www.svetmobilne.cz/emise-co2-u-elektromobilu-tesla-horsi-nez-bmw/4645-2>>.

The International Energy Agency [online]. [cit. 2019-08-30]. Dostupné z: <<https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Electricity&indicator=ElecGenByFuel&mode=chart&dataTable=ELECTRICITYANDHEAT>>.

TipCars. *Vše o palivech: Emise - přehled škodlivin (8. díl)* [online]. [cit. 2019-09-04]. Dostupné z: <<https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/vse-o-palivech-emise-prehled-skodlivin-8-dil.html>>.

Todaystrucking.com. *Motoring Along: Understanding the role of motors in electric trucks* [online]. [cit. 2019-09-07]. Dostupné z: <<https://www.todaystrucking.com/motoring-along-understanding-the-role-of-motors-in-electric-trucks/>>.

Tzbinfo. *Jak fungují palivové články?* [online]. [cit. 2019-08-24]. Dostupné z: <<https://elektro.tzb-info.cz/elektromotory-pohony-a-stroje/16987-jak-funguji-palivove-clanky>>.

VISIONS magazín o lidech, technologiích a inovacích. *Elektrifikovaná dálnice v Německu* [online]. [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: <<https://www.visionsmag.cz/elektrifikovana-dalnice-v-nemecku>>.

Volvo Trucks. Emissions from Volvo's trucks [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.volvotrucks.com/content/dam/volvo/volvo-trucks/markets/global/pdf/our-trucks/Emis_eng_10110_14001.pdf>.

Yuan a kol., *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 66 (2017) 53-56 [online]. [cit. 2019-08-15]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/316884465_Manufacturing_energy_analysis_of_lithium_ion_battery_pack_for_electric_vehicles>.

Volkswagen užitkové vozy [online]. [cit. 2019-08-26]. Dostupné z: <<https://www.vw-uzitkove.cz/>>.

8 Přílohy

Příloha 1 - Nákladní vozidla registrovaná v České republice v letech 2013-2017.....	58
Příloha 2 – Silniční tahače registrované v České republice v letech 2013-2017.....	58
Příloha 3 - Nákladní vozidla registrovaná v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017	59
Příloha 4 - Silniční tahače registrované v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017	68
Příloha 5 – Volkswagen e-Crafter skříň 35 100kW	71
Příloha 6 – Volkswagen Crafter skříň 30 103kW	73

Příloha 1 - Nákladní vozidla registrovaná v České republice v letech 2013-2017

Tabulka 22 - Nákladní vozidla registrovaná v České republice v letech 2013-2017 podle typu spotřebované energie

Rok	Spotřebovaná energie				
	Benzínová	Dieselová	Alternativní	Total	Alternativní/Total
2013	93 595	497 573	2 271	593 439	0,38%
2014	92 435	513 336	2 940	608 711	0,48%
2015	94 611	548 800	3 381	646 792	0,52%
2016	93 520	570 537	3 648	667 705	0,55%
2017	93 290	591 929	4 149	689 368	0,60%
\bar{k}	- 0,08157	4,43672	16,26034	3,81707	-

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, Ministerstvo dopravy 2019

Příloha 2 – Silniční tahače registrované v České republice v letech 2013-2017

Tabulka 23 - Silniční tahače registrované v České republice v letech 2013-2017 podle typu spotřebované energie

Rok	Spotřebovaná energie				
	Benzínová	Dieselová	Alternativní	Total	Alternativní/Total
2013	17	7 581	28	7 626	0,37%
2014	18	6 576	27	6 621	0,41%
2015	18	5 241	24	5 283	0,45%
2016	18	4 444	26	4 488	0,58%
2017	16	4 094	22	4 132	0,53%
\bar{k}	-1,50419	-14,27543	-5,85090	-14,20423	-

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, Ministerstvo dopravy 2019

Příloha 3 - Nákladní vozidla registrovaná v členských státech Evropské unie v letech 2013-2017

Spotřebovaná energie - total

Tabulka 24 - Spotřebovaná energie - total, nákladní vozidla bez ohledu na hmotnost

Stát	Rok					
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}
Belgie	*	*	770 508	796 930	826 742	
Bulharsko	*	*	*	*	*	
Česká republika	593 439	*	646 792	646 792	689 368	
Dánsko	431 325	426 453	423 958	425 327	423 809	-0,43851
Estonsko	81 941	86 039	90 960	96 852	102 913	5,86252
Finsko	*	537 681	555 492	576 496	598 731	
Francie	6 580 776	6 615 054	6 594 578	6 539 089	6 536 482	-0,16870
Chorvatsko	*	*	136 854	146 230	156 724	
Irsko	*	307 860	318 880	329 657	335 859	
Itálie	3 938 026	*	3 943 964	4 018 708	4 083 348	
Kypr	107 387	102 788	102 199	104 499	105 867	-0,35575
Lichtenštejsko	2 815	2 846	2 908	3 011	*	
Litva	115 367	76 169	78 115	81 258	84 625	-7,45472
Lotyšsko	79 899	70 068	72 619	70 526	72 831	-2,28894
Lucembursko	32 933	33 832	35 072	36 732	38 558	4,02095
Maďarsko	406 560	417 536	431 795	448 961	469 948	3,68867
Malta	42 286	42 974	43 026	44 194	45 940	2,09362
Německo	2 631 000	*	*	*	*	
Nizozemsko	880 215	878 310	890 819	914 787	945 931	1,81638
Norsko	*	*	*	549 721	554 397	
Polsko	2 962 064	3 037 427	3 098 376	3 179 655	3 248 538	2,33481
Portugalsko	1 215 073	1 311 287	1 273 933	1 269 299	1 291 674	1,54011
Rakousko	408 560	418 594	427 515	440 368	456 908	2,83554
Rumunsko	*	*	*	*	*	
Severní Makedonie	30 167	*	*	*	*	
Slovensko	*	*	604 910	617 904	*	
Španělsko	*	4 839 484	4 851 518	4 879 480	4 924 476	
Švédsko	551 194	567 275	582 042	601 754	623 574	3,13258
Švýcarsko	360 700	371 100	382 800	394 400	406 500	3,03354
Turecko	3 508 771	3 638 989	3 844 725	4 042 218	4 251 148	4,91505
Velká Británie	*	*	3 988 168	4 141 281	4 258 793	

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Tabulka 25 - Spotřebovaná energie - total, nákladní vozidla s hmotností > 3,5 t

Stát	Rok					
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}
Belgie	*	*	100 204	98 280	97 318	
Bulharsko	348 834	369 189	396 582	405 217	372 851	1,67850
Česká republika	187 864	*	221 650	221 650	253 127	
Dánsko	29 215	28 628	28 309	28 326	28 261	-0,82655
Estonsko	24 521	24 807	24 974	25 417	25 795	1,27432
Finsko	*	137 285	141 197	145 779	150 697	
Francie	348 715	344 215	337 159	334 162	335 502	-0,96103
Chorvatsko	130 547	132 045	29 473	30 229	30 993	-30,19699
Irsko	*	19 731	19 143	19 366	23 060	
Itálie	619 035	*	595 032	587 501	580 694	
Kypr	10 142	9 407	9 473	9 826	10 162	0,04926
Lichtenštejsko	339	336	331	323	*	
Litva	34 628	20 493	20 770	21 965	23 483	-9,25315
Lotyšsko	33 976	20 021	19 198	17 260	17 274	-15,55865
Lucembursko	5 298	5 311	5 404	5 594	5 543	1,13657
Maďarsko	46 874	46 258	45 166	44 757	46 696	-0,09507
Malta	9 830	9 920	9 941	10 463	10 820	2,42794
Německo	531 000	*	*	528 449	*	
Nizozemsko	65 046	63 356	62 436	62 155	62 581	-0,96118
Norsko	*	*	*	68 759	66 544	
Polsko	627 649	638 104	650 612	663 904	674 226	1,80572
Portugalsko	50 111	51 562	49 112	47 386	50 760	0,32222
Rakousko	53 346	52 908	52 352	52 582	52 924	-0,19835
Rumunsko	*	*	*	794 578	846 472	
Severní Makedonie	6 795	*	*	*	*	
Slovensko	288 436	293 118	302 455	308 952	*	
Španělsko	*	332 568	332 422	335 018	338 553	
Švédsko	66 807	67 313	67 599	68 749	69 989	1,17005
Švýcarsko	41 700	41 900	41 800	41 900	41 900	0,11969
Turecko	575 721	576 510	589 426	599 735	608 523	1,39493
Velká Británie	*	*	360 695	365 397	366 752	

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Tabulka 26 - Spotřebovaná energie - total, vozidla s hmotností ≤ 3,5 t

Stát	Rok					
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}
Belgie	*	*	670 304	698 650	729 424	
Bulharsko	*	*	*	*	*	
Česká republika	405 575	*	425 142	425 142	436 241	
Dánsko	402 110	397 825	395 649	397 001	395 548	-0,41049
Estonsko	57 420	61 232	65 986	71 435	77 118	7,65226
Finsko	387 674	400 396	414 295	430 717	448 034	3,68384
Francie	6 232 061	6 270 839	6 257 419	6 204 927	6 200 980	-0,12492
Chorvatsko	*	*	107 381	116 001	125 731	
Irsko	*	288 129	299 737	310 291	312 799	
Itálie	3 318 991	*	3 348 932	3 431 207	3 502 654	
Kypr	97 245	93 381	92 726	94 673	95 705	-0,39828
Lichtenštejsko	2 476	2 510	2 577	2 688	*	
Litva	80 739	55 676	57 345	59 293	61 142	-6,71452
Lotyšsko	45 923	50 047	53 421	53 266	55 557	4,87625
Lucembursko	27 635	28 521	29 668	31 138	33 015	4,54733
Maďarsko	359 686	371 278	386 629	404 204	423 252	4,15230
Malta	32 456	33 054	33 085	33 731	35 120	1,99171
Německo	2 100 000	*	*	*	*	
Nizozemsko	815 169	814 954	828 383	852 632	883 350	2,02845
Norsko	*	*	*	480 962	487 853	
Polsko	2 334 415	2 399 323	2 447 764	2 515 751	2 574 312	2,47567
Portugalsko	1 164 962	1 259 725	1 224 821	1 221 913	1 240 914	1,59153
Rakousko	355 214	365 686	375 163	387 786	403 984	3,26866
Rumunsko	*	*	*	*	*	
Severní Makedonie	23 372	*	33 237	34 669	35 912	
Slovensko	*	*	302 455	308 952	318 027	
Španělsko	*	4 506 916	4 519 096	4 544 462	4 585 923	
Švédsko	484 387	499 962	514 443	533 005	553 585	3,39462
Švýcarsko	319 000	329 200	341 000	352 500	364 600	3,39666
Turecko	2 933 050	3 062 479	3 255 299	3 442 483	3 642 625	5,56592
Velká Británie	*	*	3 627 473	3 775 884	3 892 041	

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Spotřebovaná energie - alternativní

Tabulka 27 - Spotřebovaná energie - alternativní, nákladní vozidla bez ohledu na hmotnost

Stát	Rok						% z total 2017
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}	
Belgie	*	*	*	*	*		*
Bulharsko	*	*	*	*	*		*
Česká republika	*	*	*	*	*		*
Dánsko	*	*	*	*	*		*
Německo	*	*	*	*	*		*
Estonsko	63	83	120	162	237	39,26820	0,23%
Irsko	*	114	131	153	178		0,05%
Španělsko	*	3219	4779	7496	9 979		0,20%
Francie	45267	48565	52155	55707	59 368	7,01451	0,91%
Chorvatsko	*	*	955	1071	1 195		0,76%
Itálie	*	*	123318	131449	135 896		3,33%
Kypr	0	0	0	10	27		0,03%
Lotyšsko	*	2077	2050	1823	1 742		2,39%
Litva	*	*	*	*	*		*
Lucembursko	292	331	331	375	420	9,51324	1,09%
Maďarsko	1169	1325	1390	1488	1 620	8,49885	0,34%
Malta	*	26	34	49	56		0,12%
Nizozemsko	*	*	*	*	*		*
Rakousko	2541	2851	3134	3477	3 677	9,67869	0,80%
Polsko	200106	254322	252201	250826	458 733	23,04812	14,12%
Portugalsko	708	846	809	835	1 051	10,38050	0,08%
Rumunsko	*	*	*	*	*		*
Slovensko	*	*	*	*	*		*
Finsko	*	623	678	855	1 079		0,18%
Švédsko	9642	10405	11162	11740	12470	6,64115	2,00%
Velká Británie	*	*	14058	13773	13 954		0,33%
Lichtenštejnsko	31	31	24	27	*		*
Norsko	*	*	*	3359	4 365		0,79%
Švýcarsko	5000	3200	3640	3600	4 000	-5,42584	0,98%
Severní Makedonie	696	*	*	*	*		*
Turecko	93043	93666	95308	96289	96 642	0,95331	2,27%

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Tabulka 28 - Spotřebovaná energie - alternativní, nákladní vozidla s hmotností > 3,5 t

Stát	Rok						
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}	% z total 2017
Belgie	*	*	*	*	*		*
Bulharsko	*	*	*	*	*		*
Česká republika	*	*	*	*	*		*
Dánsko	*	*	*	*	*		*
Německo	*	*	*	*	*		*
Estonsko	8	8	17	34	49	57,31731	0,19%
Irsko	*	8	7	7	7		0,03%
Španělsko	*	1 006	1 457	1 703	2 014		0,59%
Francie	1 170	1 105	1 041	1 076	1 273	2,13172	0,38%
Chorvatsko	*	*	26	30	31		0,10%
Itálie	*	*	1 425	1 378	1 353		0,23%
Kypr	0	0	0	0	1		0,01%
Lotyšsko	*	738	685	562	527		3,05%
Litva	*	*	*	*	*		*
Lucembursko	94	99	103	132	133	9,06388	2,40%
Maďarsko	31	30	28	31	31	0,00000	0,07%
Malta	*	4	8	8	9		0,08%
Nizozemsko	*	*	*	*	*		*
Rakousko	56	57	53	53	52	-1,83564	0,10%
Polsko	25 275	25 166	25 023	24 891	164 593	59,74602	24,41%
Portugalsko	21	29	20	24	27	6,48443	0,05%
Rumunsko	*	*	*	180	280		0,03%
Slovensko	*	*	*	*	*		*
Finsko	*	251	273	307	358		0,24%
Švédsko	802	853	848	879	906	3,09520	1,29%
Velká Británie	*	*	917	697	761		0,21%
Lichtenštejsko	1	1	0	0	*		*
Norsko	*	*	*	339	388		0,58%
Švýcarsko	1 000	200	140	200	100	-43,76587	0,24%
Severní Makedonie	132	*	*	*	*		*
Turecko	5 962	5 532	5 292	5 192	5 056	-4,03701	0,83%

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Tabulka 29 - Spotřebovaná energie - alternativní, nákladní vozidla s hmotností ≤ 3,5 t

Stát	Rok						
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}	% z total 2017
Belgie	*	*	*	*	*		*
Bulharsko	*	*	*	*	*		*
Česká republika	*	*	*	*	*		*
Dánsko	*	*	*	*	*		*
Německo	*	*	*	*	*		*
Estonsko	55	75	103	128	188	35,97178	0,24%
Irsko	*	106	124	146	171		0,05%
Španělsko	*	2 213	3 322	5 793	7 965		0,17%
Francie	44 097	47 460	51 114	54 631	58 095	7,13526	0,94%
Chorvatsko	*	*	929	1 041	1 164		0,93%
Itálie	*	*	121 893	130 071	134 543		3,84%
Kypr	0	0	0	10	26		0,03%
Lotyšsko	*	1 339	1 365	1 261	1 215		2,19%
Litva	*	*	*	*	*		*
Lucembursko	198	232	228	243	287	9,72464	0,87%
Maďarsko	1 138	1 295	1 362	1 457	1 589	8,70397	0,38%
Malta	13	22	26	41	47	37,89186	0,13%
Nizozemsko	*	*	*	*	*		*
Rakousko	2 485	2 794	3 081	3 424	3 625	9,89942	0,90%
Polsko	174 831	229 156	227 178	225 935	294 140	13,88956	11,43%
Portugalsko	687	817	789	811	1 024	10,49326	0,08%
Rumunsko	*	*	*	*	*		*
Slovensko	*	*	*	*	*		*
Finsko	277	372	405	548	721	27,01759	0,16%
Švédsko	8 840	9 552	10 314	10 861	11 564	6,94585	2,09%
Velká Británie	*	*	13 141	13 076	13 193		0,34%
Lichtenštejnsko	30	30	24	27	*		*
Norsko	*	*	*	3 020	3 977		0,82%
Švýcarsko	4 000	3 000	3 500	3 400	3 900	-0,63095	1,07%
Severní Makedonie	*	*	633	550	*		
Turecko	87 081	88 134	90 016	91 097	91 586	1,26898	2,51%

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Spotřebovaná energie - elektrická

Tabulka 30 - Spotřebovaná energie - elektrická, nákladní vozidla bez ohledu na hmotnost

Stát	Rok					\bar{k}
	2013	2014	2015	2016	2017	
Belgie	*	*	*	*	*	
Bulharsko	*	*	*	*	*	
Česká republika	*	*	*	*	*	
Dánsko	*	*	*	*	*	
Německo	*	*	*	*	*	
Estonsko	7	14	16	17	18	26,63204
Irsko	*	69	69	78	100	
Španělsko	*	1385	1986	3012	4015	
Francie	13834	17861	22233	26519	30980	22,33012
Chorvatsko	*	*	*	*	*	
Itálie	*	*	*	*	4711	
Kypr	0	0	0	1	1	
Lotyšsko	*	6	7	11	13	
Litva	*	*	*	*	*	
Lucembursko	*	*	*	*	*	
Maďarsko	21	19	43	94	190	73,43373
Malta	*	14	13	25	30	
Nizozemsko	*	*	*	*	*	
Rakousko	620	820	1070	1468	1712	28,90745
Polsko	*	*	1019	1030	1075	
Portugalsko	*	84	134	176	383	
Rumunsko	*	*	*	*	*	
Slovensko	*	*	*	*	*	
Finsko	*	147	187	249	290	
Švédsko	*	*	1223	1552	1948	
Velká Británie	*	*	4668	5389	6313	
Lichtenštejsko	2	2	2	5	*	
Norsko	*	*	*	2570	3479	
Švýcarsko	0	400	500	700	800	
Severní Makedonie	*	*	*	*	*	
Turecko	*	*	*	*	140	

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Tabulka 31 - Spotřebovaná energie - elektrická, nákladní vozidla s hmotností > 3,5 t

Stát	Rok					
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}
Belgie	*	*	*	*	*	
Bulharsko	*	*	*	*	*	
Česká republika	*	*	*	*	*	
Dánsko	*	*	*	*	*	
Německo	*	*	*	*	*	
Estonsko	0	0	0	0	0	
Irsko	*	2	1	1	1	
Španělsko	*	63	57	66	73	
Francie	84	95	95	90	94	2,85186
Chorvatsko	3	8	*	*	*	
Itálie	*	*	*	*	195	
Kypr	0	0	0	0	0	
Lotyšsko	*	0	0	0	0	
Litva	*	*	*	*	*	
Lucembursko	*	*	*	*	*	
Maďarsko	0	0	0	0	1	
Malta	*	0	0	0	0	
Nizozemsko	*	*	*	*	*	
Rakousko	1	1	1	1	1	0,00000
Polsko	620	619	619	619	636	0,63901
Portugalsko	*	8	1	0	0	
Rumunsko	*	*	*	26	46	
Slovensko	*	*	*	*	*	
Finsko	*	0	1	1	1	
Švédsko	*	*	0	0	1	
Velká Británie	*	*	411	402	372	
Lichtenštejnsko	0	0	0	0	*	
Norsko	*	*	*	2	1	
Švýcarsko	0	0	0	0	0	
Severní Makedonie	*	*	*	*	*	
Turecko	*	*	*	*	0	

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Tabulka 32 - Spotřebovaná energie - elektrická, nákladní vozidla s hmotností ≤ 3,5 t

Stát	Rok						% z total 2017
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}	
Belgie	*	*	*	*	*		*
Bulharsko	*	*	*	*	*		*
Česká republika	*	*	*	*	*		*
Dánsko	*	*	*	*	*		*
Německo	*	*	*	*	*		*
Estonsko	7	14	16	17	18	26,63204	0,02%
Irsko	*	67	68	77	99		0,03%
Španělsko	*	1 322	1 929	2 946	3 942		0,09%
Francie	13 750	17 766	22 138	26 429	30 886	22,42349	0,50%
Chorvatsko	*	*	36	65	77		0,06%
Itálie	*	*	*	*	4 516		0,13%
Kypr	0	0	0	1	1		0,00%
Lotyšsko	*	6	7	11	13		0,02%
Litva	*	*	*	*	*		*
Lucembursko	70	85	84	102	135	17,84440	0,41%
Maďarsko	21	19	43	94	189	73,20508	0,04%
Malta	7	14	13	25	30	43,88178	0,09%
Nizozemsko	*	*	*	*	*		*
Rakousko	619	819	1 069	1 467	1 711	28,94065	0,42%
Polsko	*	*	400	411	439		0,02%
Portugalsko	51	76	133	176	383	65,54160	0,03%
Rumunsko	*	*	*	*	*		*
Slovensko	*	*	*	*	*		*
Finsko	127	147	186	248	289	22,82125	0,06%
Švédsko	547	832	1 223	1 552	1 947	37,35506	0,35%
Velká Británie	*	*	4 257	4 987	5 941		0,15%
Lichtenštejsko	2	2	2	5	*		*
Norsko	*	*	*	2 568	3 478		0,71%
Švýcarsko	0	400	500	700	800		0,22%
Severní Makedonie	*	*	10	6	*		*
Turecko	55	101	116	130	140	26,31105	0,00%

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

**Příloha 4 - Silniční tahače registrované v členských státech Evropské unie
v letech 2013-2017**

Spotřebovaná energie - total

Tabulka 33 - Spotřebovaná energie - total, silniční tahače

Stát/Rok	Rok					
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}
Belgie	45 000	44 693	44 851	45 749	47 478	1,34912
Bulharsko	39 125	42 686	47 809	51 660	50 396	6,53331
Česká republika	7 626	6 621	5 283	4 488	4 132	-14,20423
Dánsko	12 858	12 867	13 127	13 640	14 130	2,38638
Estonsko	10 241	10 583	10 813	11 365	11 867	3,75276
Finsko	11 984	12 439	12 882	13 656	14 597	5,05469
Francie	204 912	198 593	197 405	200 476	205 602	0,08408
Chorvatsko	8 010	8 662	9 329	10 443	11 334	9,06557
Irsko	*	10 020	12 149	13 074	13 683	
Itálie	149 563	*	153 858	162 092	173 057	
Kypr	1 682	1 658	1 637	1 805	1 878	2,79391
Lichtenštejsko	271	263	270	275	*	
Litva	27 671	23 510	24 781	28 138	30 914	2,80934
Lotyšsko	13 238	13 137	13 379	13 541	14 312	1,96931
Lucembursko	4 726	4 602	4 502	4 516	4 629	-0,51712
Maďarsko	56 089	60 875	64 442	68 117	72 579	6,65552
Malta	1 096	1 125	1 125	1 144	1 131	0,78897
Německo	184 589	188 481	194 386	201 984	210 941	3,39244
Nizozemsko	71 063	70 533	72 245	74 218	77 075	2,05106
Norsko	*	8 787	8 926	9 092	9 292	
Polsko	280 420	303 189	329 589	361 681	390 445	8,62698
Portugalsko	31 374	37 312	39 286	41 175	45 144	9,52356
Rakousko	16 192	16 321	16 508	16 846	17 870	2,49579
Rumunsko	84 947	94 206	105 760	*	128 728	
Řecko	22 384	22 542	21 799	22 301	*	
Severní Makedonie	4 934	5 248	5 451	5 640	5 778	4,02665
Slovensko	27 561	28 429	29 928	31 016	31 090	3,05794
Slovinsko	9 638	10 162	11 326	12 981	14 330	10,42434
Španělsko	182 822	186 060	195 657	207 889	218 154	4,51622
Švédsko	8 426	8 315	8 462	8 645	8 886	1,33774
Švýcarsko	11 000	11 200	11 200	11 200	11 300	0,67495
Turecko	180 229	197 218	214 893	225 599	230 195	6,30845
Velká Británie	*	*	128 771	134 341	138 709	

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Spotřebovaná energie - alternativní

Tabulka 34 - Spotřebovaná energie – alternativní, silniční tahače

Stát/Rok	Rok						Alternativní/Total 2017
	2013	2014	2015	2016	2017	\bar{k}	
Belgie	3 790	3 773	3 767	3 753	3 758	-0,21175	7,92%
Bulharsko	*	*	*	*	*		
Česká republika	28	28	24	26	22	-5,85090	0,53%
Dánsko	*	*	*	*	*		
Estonsko	1	1	1	2	3	31,60740	0,03%
Finsko	0	1	1	3	8		0,05%
Francie	127	128	185	331	768	56,81564	0,37%
Chorvatsko	45	45	42	34	30	-9,63980	0,26%
Irsko	*	*	*	0	2		0,01%
Itálie	146	*	294	362	680		0,39%
Kypr	0	0	0	0	0		0,00%
Lichtenštejnsko	0	0	0	0	*		
Litva	*	12	10	9	9		0,03%
Lotyšsko	14	25	0	12	10	-8,06773	0,07%
Lucembursko	73	72	74	75	90	5,37314	1,94%
Maďarsko	173	176	172	172	162	-1,62897	0,22%
Malta	*	3	3	3	3		0,27%
Německo	714	724	683	705	601	-4,21576	0,28%
Nizozemsko	212	*	*	*	*		
Norsko	*	*	*	5	5		0,05%
Polsko	5 691	5 823	5 871	5 940	37 637	60,36390	9,64%
Portugalsko	27	54	66	59	73	28,23004	0,16%
Rakousko	2	2	2	2	10	49,53488	0,06%
Rumunsko	*	*	5	*	2		0,00%
Řecko	*	*	*	*	*		
Severní Makedonie	233	142	128	106	13	-51,39882	0,22%
Slovensko	*	*	*	*	*		
Slovinsko	6	6	11	10	11	16,36178	0,08%
Španělsko	59	99	160	365	503	70,87518	0,23%
Švédsko	31	30	26	31	34	2,33620	0,38%
Švýcarsko	0	0	0	0	0		0,00%
Turecko	891	843	806	775	750	-4,21536	0,33%
Velká Británie	*	*	686	643	689		0,50%

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Spotřebovaná energie - elektrická

Tabulka 35 - Spotřebovaná energie – elektrická, silniční tahače

Stát	Rok					Elektrická/Alternativní 2017
	2013	2014	2015	2016	2017	
Belgie	3	3	3	3	3	0,08%
Bulharsko	*	*	*	*	*	
Česká republika	*	*	*	*	*	
Dánsko	*	*	*	*	*	
Estonsko	0	0	0	0	0	0,00%
Finsko	0	0	0	0	0	0,00%
Francie	1	1	1	1	1	0,13%
Chorvatsko	*	*	*	*	*	
Irsko	*	*	*	*	*	
Itálie	*	*	*	*	26	3,82%
Kypr	0	0	0	0	0	
Lichtenštejnsko	0	0	0	0	*	
Litva	*	*	*	*	*	
Lotyšsko	*	0	0	0	0	0,00%
Lucembursko	*	*	*	*	*	
Maďarsko	0	0	0	1	1	0,62%
Malta	*	0	0	0	0	0,00%
Německo	2	2	2	1	11	1,83%
Nizozemsko	4	*	*	*	*	
Norsko	*	*	*	0	0	0,00%
Polsko	0	62	61	61	61	0,16%
Portugalsko	*	0	0	0	0	0,00%
Rakousko	*	*	0	0	1	10,00%
Rumunsko	*	*	*	*	*	
Řecko	*	*	*	*	*	
Severní Makedonie	*	*	1	*	*	
Slovensko	*	*	*	*	*	
Slovinsko	*	0	0	0	0	0,00%
Španělsko	*	4	4	4	5	0,99%
Švédsko	*	*	0	0	0	0,00%
Švýcarsko	0	0	0	0	0	
Turecko	*	*	*	*	0	0,00%
Velká Británie	*	*	297	291	287	41,65%

Zdroj: vlastní zpracování, data EUROSTAT, 2019, pozn.: * - data nejsou k dispozici

Příloha 5 – Volkswagen e-Crafter skříň 35 100kW



e-Crafter skříň 35 100kW



Model

e-Crafter skříň 35 100kW

Celkem vč. DPH 1 997 732,- *

Celkem bez DPH 1 651 018,- *

V současné době nelze vypočítat přesnou spotřebu a hodnoty CO₂.

Motor

0 cm³ Přední pohon Automat 1 997 732,- *
Výkon: 100 kW / 140 koní
Kombinovaná spotřeba elektrického proudu: 0.0 Wh/km

Vnější lakování

B4B4 Bílá Candy 0,- *

Potah

AS Potah: Látka
Vnitřní barva: Titanově černá
Koberce: Šedá Pearl
Přístrojová deska: Titanově černá-Palladium





Technické údaje

Motor - typ	0.0 l Elektro
Výkon	100 kW 140 koní
Objem	0 cm ³
Převodovka	Automat
Pohon	Přední pohon
Počet dveří	4
Počet sedadel	3
Nejvyšší povolená celková hmotnost	3500 kg
Kombinovaná spotřeba elektrického proudu	0.0 Wh/km

Příloha 6 – Volkswagen Crafter skříň 30 103kW



Crafter skříň 30 103kW 8AU FWD SR



Model

Crafter skříň 30 103kW 8AU FWD SR

Celkem vč. DPH 937 017,-

Celkem bez DPH 774 394,-

Motor

1968 cm3 Přední pohon Aut. mj. 8 st. pr. 906 722,-
Výkon: 103 kW / 140 koní
Spotřeba paliva: 7.5 l/100km
Emise CO₂: 196 CO₂ g/km

Vnější lakování

B4B4 Bílá Candy 0,-

Potah

AS Potah: Látka
Vnitřní barva: Titanově černá
Koberec: Šedá Pearl
Přístrojová deska: Titanově černá-Palladium





Technické údaje

Motor - typ	2.0 l Diesel
Výkon	103 kW 140 koní
Objem	1968 cm ³
Převodovka	Aut. mj. 8 st. pr.
Pohon	Přední pohon
Počet dveří	4
Počet sedadel	3
Nejvyšší povolená celková hmotnost	3000 kg
Spotřeba paliva	7.5 l/100km
Emise CO ₂	196 CO ₂ g/km